

CH 1, 2

by: mohammed Fathy

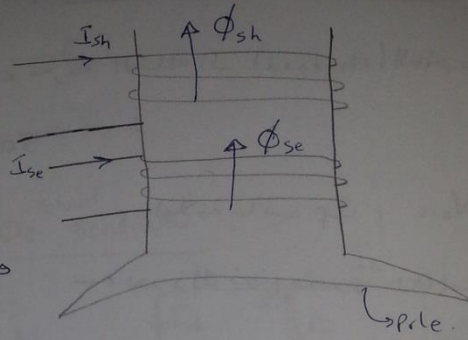
Compound Generator

a) Cumulative

$$\phi_T = \phi_{sh} + \phi_{se}$$

← الملفين في نفس الاتجاه فيتولد
فيلتهما عنهما يكون ذاتي نفس الاتجاه
أيضا.

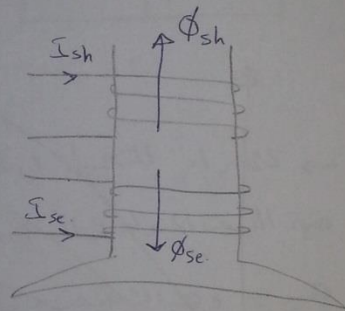
← إذا كان الفيض الكلي هو مجموع الفيضين.



b) Differential

$$\phi_T = \phi_{sh} - \phi_{se}$$

← اتجاه التيار هنا هو العاكس
الذي يثري نوع الفيض.



[a] No Load Chls (magnetization chls)

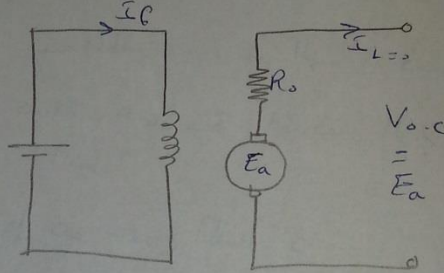
← أي (Generator) لذا، أردت معرفة الحالة الـ (No load) (الخالي)

به قيم بتشغيله Separately -

← العلاقة ما بين I_f و $V_o.c$

← بعد ذلك نفتح مولد (DC) متغير

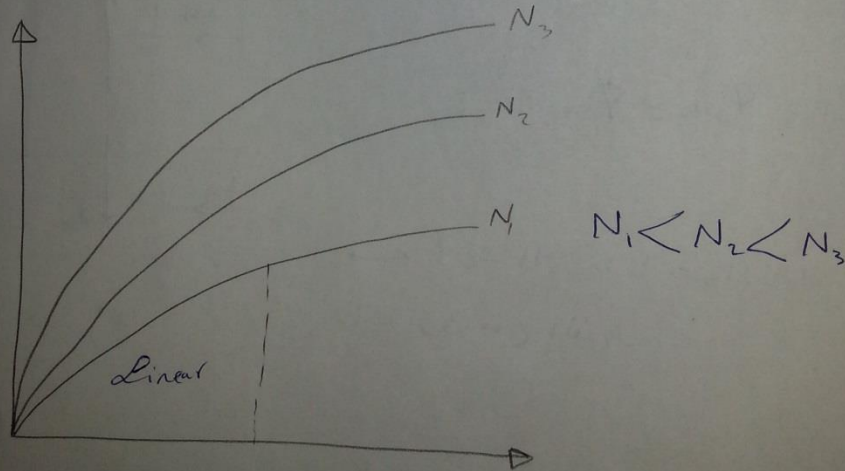
$$E_a = \frac{P}{aA} \phi Z \frac{N}{60}$$



$$E_a \propto \phi N$$

$N \rightarrow \text{const}$

نفتري في آلة تدور
بسرعة ثابتة



← عند تعميم أي آلة يجب وضع نسبة بينة ϕ و I_f

[c]

b) Load chls

1) Internal chls $\rightarrow E_a, I_a$

2) External chls $\rightarrow V, I_L$

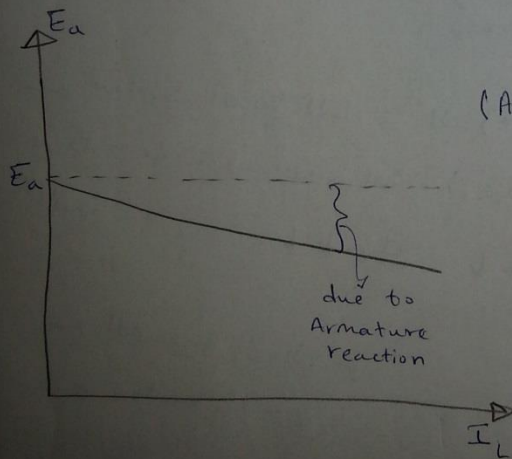
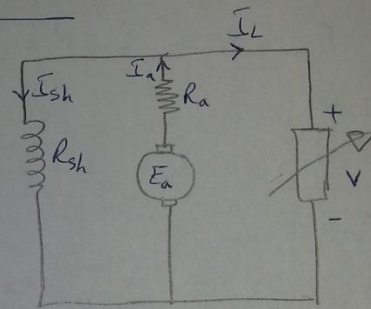
\rightarrow Load chls of Dc ^{shunt} generator

I_L ← Load current

$$I_L = I_a - I_{sh}$$

$$I_a = I_L + I_{sh}$$

$$I_L \uparrow \quad I_a \uparrow$$



← كازاد التحميل (I_L)

قوة الفيض المتولد في الـ (Armature)

هيزيد وهناك فيض يتولد في

الملف بيا كس الفيض، وذل

حسب قاعدة لenz فالمحولة

تكون القوة بعينهم فتقل

قوة E_a .

٣

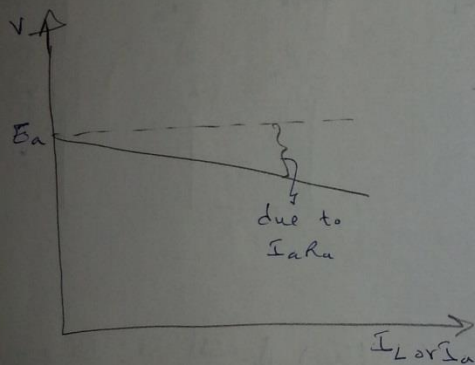
$$E \propto (\phi_{sh} - \phi_{AR})$$

$\underbrace{\phi_{AR}}_{\text{Armature reaction.}}$

External

$$E_a = V + I_a R_a + \Delta V_b$$

$$E_a = V + I_a R_a \Rightarrow V = E_a - I_a R_a$$



← الجهد الناتج من الآلة يقل نتيجة

($I_a R_a$, Armature reaction)

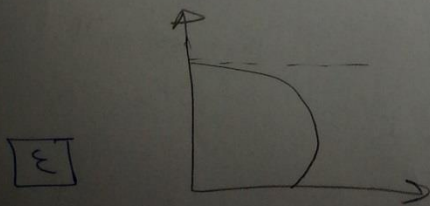
← الجهد يقل حتى يصل إلى العجز

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$$

← من الممكن أن يقل التيار في الـ (Armature) فينتج فيها عجز

غير قادر على توليد جهد في الآلة (لتغيير في الجهد) فتكون معزولة

الفيت = عجز . $I_L \downarrow \downarrow V \downarrow \downarrow I_{sh} \downarrow \downarrow$



← الجهد يصل إلى العجز

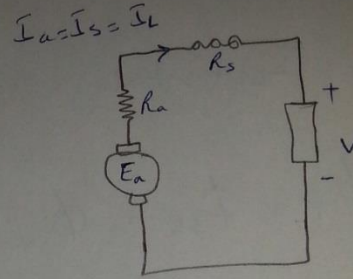
فقط إذا وبعث حمل زائد على الآلة

2] Load chls of D-C series Generator:-

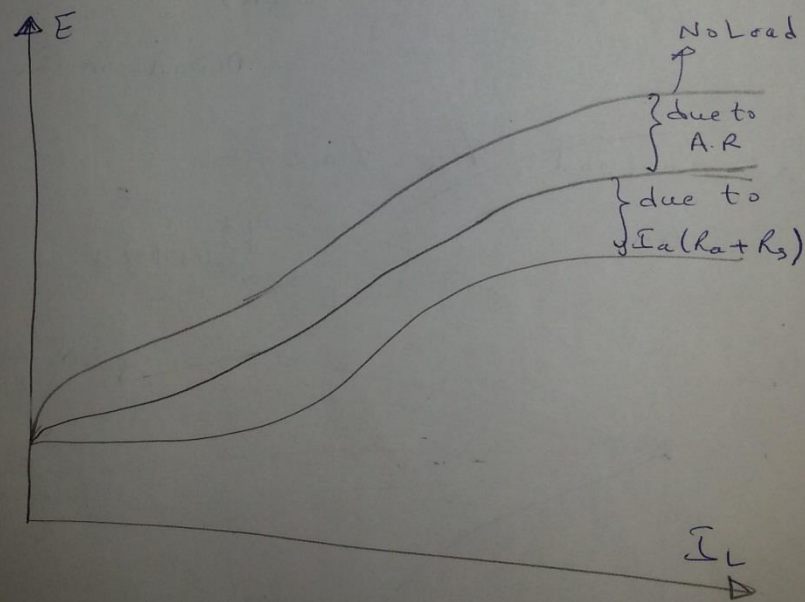
at no load

$$\text{if } V=0 \rightarrow I=0$$

$$\therefore \phi = 0$$



→ إذا قمنا بتدوير الآلة بسرعة معينة لابد وأن يتولد جهد كان
مختزنا في الآلة → ناتج عنه تشغيل الآلة في وقت سابق E_b .



*3] Load chls of D.C Compound Generator:-

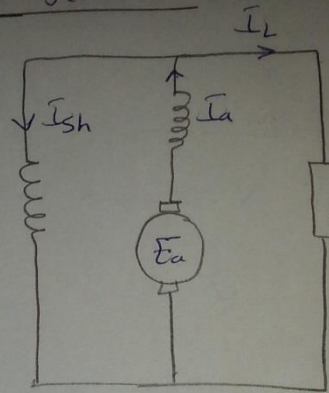
$$I_a = I_L + I_{sh}$$

$$\phi_T = \phi_{sh} \pm \phi_{se}$$

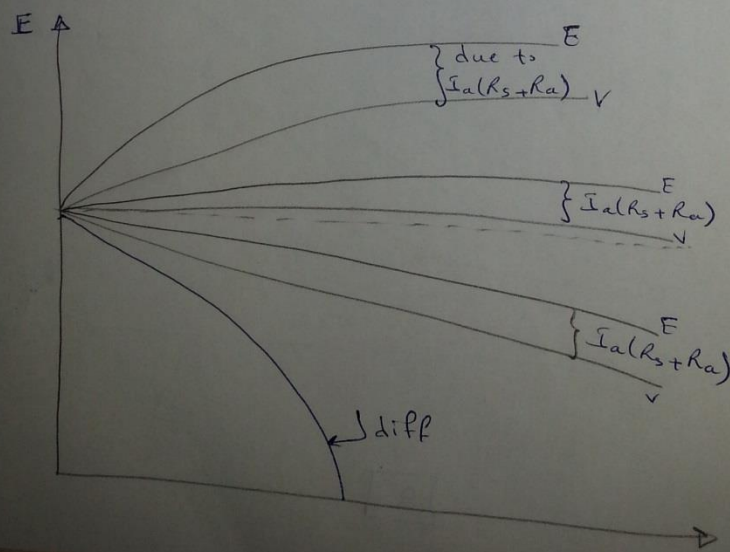
$$\phi_T \propto (I_{sh} N_{sh} \pm I_{se} N_{se})$$

$$\phi_T = (\phi_{sh} + \phi_{se} - \phi_{A.R.})$$

Depend on I_a



at no load $\phi_{se} - \phi_{A.R.} = 0$



7

a) over compound $\phi_{se} \gg \phi_{A.R}$

← بسبب أن عدد لفات حلقات الـ (Series) كبير نسبياً فيولد فيه تيار كبير جداً ~~يتغلغل~~ يتغلغل على فيث الـ (Armature Reaction) فيزيد الفيث المحصول وبالتالي يزيد الجهد.

b) Flat Compound:- $\phi_{se} \approx \phi_{A.R}$

← كلما زاد التحميل يزداد الفيث لـ A.R ، Series

c) under compound $\phi_{se} < \phi_{A.R}$

← كلما زاد التحميل يزيد I_L ويزيد الفيث لـ A.R ، Series
لكن ~~يقل~~ لكنه لا تنال يعاكسها الفيث.

← كل ما سبق في حالة Cumulative فإذا كانت حالة (differential)

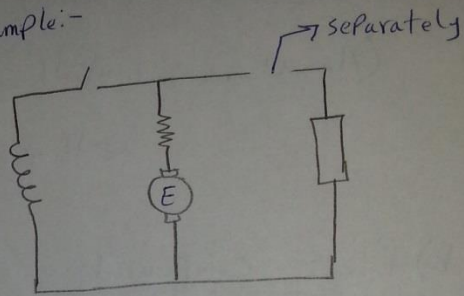
$$\phi_T = \phi_{sh} - \phi_{se} - \phi_{A.R}$$

V

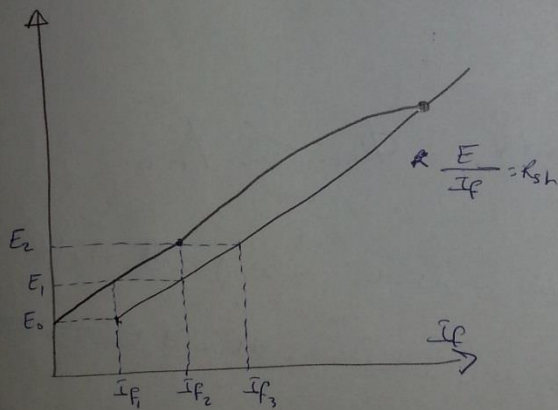
→ voltage building in self excited Generator:

→ on shunt as example:-

← يوجد مفتاح.
← إذا قمنا بتدوير ال (Generator)
بسرعة ثابتة مع فولت ملفات ال (shunt)



← تكون العلاقة بين الجهد والتيار كما يلي.



$I_L = 0$. So we neglect R_a

← الجهد هنا تولد نتيجة (residual flux)

← لذا قمنا بتحويل المفتاح

$$I_P = \frac{E_s}{R_{sh}}$$

← التيار I_P يولد في حين لانه أن يكون في نفس اتجاه الفيض المخزن في الآلة .

← نزيد الفيض فزيد الجهد فيتولد جهد مقداره E_1 يقوم بتوليد I_{P2} .

$$I_{P2} = \frac{E_1}{R_{sh}}$$

← الشرط الواجب توافره في الآلة :

[1] يوجب (residual flux) .

[2] التيار يولد في حين ، يجب أن يكون في نفس اتجاه الفيض المخزن في الآلة .

[3] قيمة R_{sh} أقل من $R_{critical}$.

$$N > N_{critical}$$

↓
أقل سرعة تدويرها

الآلة تولد جهد .

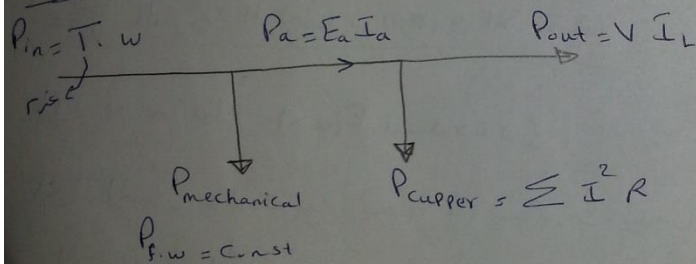
← كفاءة أي آلة :-

$$\% \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

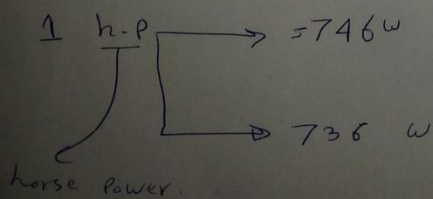
← أنواع الفقد في D.C machines

- 1] فقد كهربى \rightarrow a - من الحثايات مثلاً ، b - فقد من الحديد (Eddy Current).
 له يحد فقط في ال (Armature).
 2] فقد ميكانيكى .

⇒ Power Flow of D.C generator



$$P_{\text{Constant losses}} = P_{f.w} + P_{\text{iron}}$$



الإنجليزى

الفرنسى

Ch:2 # Dc Motor

في مقدمة موجودة بورق المحاورات.

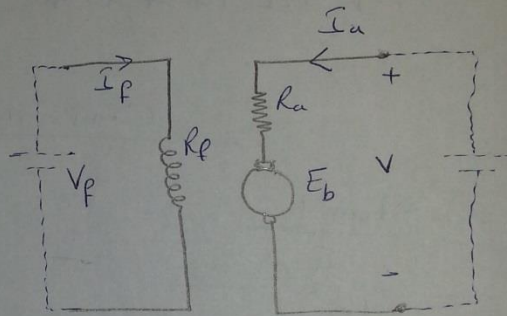
$N \rightarrow$ motor speed (r.p.m)

في ال (motor) لبطاقت بولونه ~~بوضع~~ بوضع معين، وعكسه
سيعمل نفسا تجاه الحركة لأن ينعكس التيار والفولت مرة واحدة.

$E_b \leftarrow$ القوة الدافعة الكهربائية
العكسية على armature

$$E_b = \frac{P}{A} \phi Z \frac{N}{60}$$

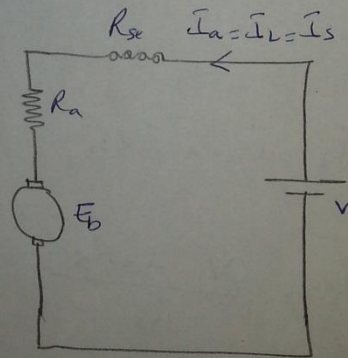
$$E_b = V - I_a R_a - \Delta V_b$$



Series

$$V = E_b + I_a (R_a + R_s) + \Delta V_b$$

$$E_b = \frac{P}{A} \phi Z \frac{N}{60}$$



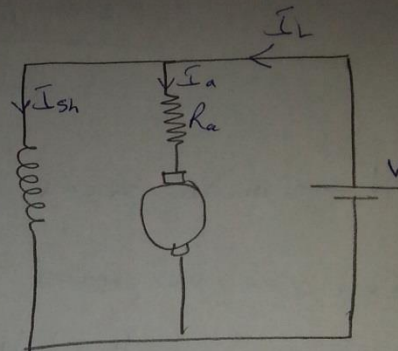
N

Shunt Motor

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$$

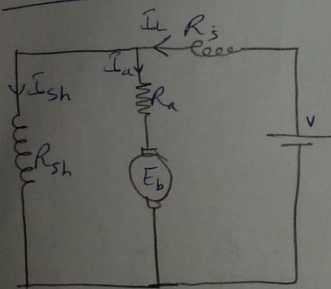
$$I_L = I_a + I_{sh}$$

$$V = E_b + I_a R_a + \Delta V_b$$



Compound Motor

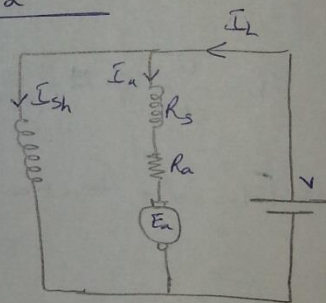
a) short



$$I_L = I_a + I_{sh}$$

$$I_{sh} = \frac{V - I_a R_s}{R_{sh}}$$

b) long



$$I_L = I_a + I_{sh}$$

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$$

$$E_b = V - I_a (R_a + R_s) - \Delta V_b$$

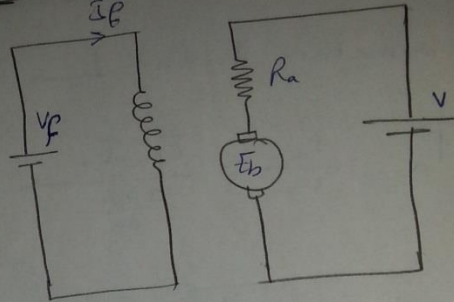
15

→ Power equation of D.C Motor

$\Delta V_b \rightarrow$ neglected

$$V = E_b + I_a R_a$$

I_a بالأمبير



$$\underbrace{V I_a}_{\text{Input}} = \underbrace{I_a \cdot E_b}_{P_a \text{ armature power}} + \underbrace{I_a^2 R_a}_{\text{Copper losses}}$$

P_a ← طاقة تتحول لطاقة ميكانيكية .

← هناك جزء آخر متناقص يضيع كطاقة حرارية .

$$P_{out} = P_{sh} \xrightarrow{\text{shaft}}$$

$$\begin{aligned} P_{in} &= V I_a \\ P_a &= E_b \cdot I_a \\ P_{out} &= P_{sh} = T_{sh} \cdot \omega \\ &= T_L \cdot \omega \\ &= T_{out} \cdot \omega \end{aligned}$$

$\downarrow I_a^2 R$ $\downarrow P_{R.w}$

$$P_a = P_{P.w} + P_{out}$$

Preating winding

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \rightarrow (\text{r.p.m})$$

rad/sec

1W

→ Torque equation

* armature torque → T_a

$$T_a = \frac{P_a}{\omega} = \frac{E_b \cdot I_a}{\frac{2\pi N}{60}} = \frac{\frac{P}{A} \phi Z \frac{N}{60} \cdot I_a}{2\pi \frac{N}{60}}$$

$$T_a = \frac{\frac{P}{A} \phi Z I_a}{2\pi}$$

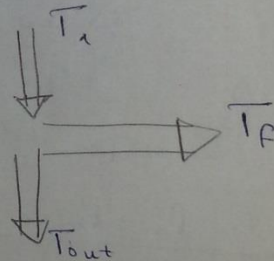
$$T_a \propto \phi I_a$$

I_f يتبع ϕ

* Types of motor torque

$$T_{out} = T_L = T_{sh}$$

$$T_a = T_{out} + T_f$$



$$T_{out} = \frac{P_{out}}{\omega} \quad (N.m)$$

$$T_f = \frac{P_{f.w}}{\omega} \quad (N.m)$$

18

→ at No-Load

$$P_{out} = 0, \quad T_{out} = 0$$

$$T_a = T_f$$

← العزم الناتج من التيار (armature) I_a
فقط من أجل الـ Breaktion

$$T_a \propto \phi \cdot I_a$$

$$I_a \ll$$

$$\% \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

at no-load $\eta = 0$
← كل الطاقة الداخلة الآلة (P_{in}) تتحول على هيئة مفاقد

$$P_{f.w} = E_{b0} \cdot I_a \rightarrow \text{Mechanical losses.}$$

$$E_{b0} = V - I_a \cdot R_a$$

← أي (motor) في حالة (no load) له سرعة معينة
وعند التحميل تقل السرعة حتى تصل إلى الحد الأدنى للتحميل
فيوقف الـ motor.

$N_{P.L} \rightarrow$ Full load speed

$N_{n.L} \rightarrow$ no load speed

$$N_{n.L} > N_{P.L}$$

$$\% \text{ speed regulation} = \frac{N_{n.L} - N_{P.L}}{N_{P.L}} \times 100$$

\rightarrow Torque and speed equation:-

$$T_a \propto \phi I_a$$

$$E_b = \frac{P}{A} \phi Z \frac{N}{60}, \quad E_b = V - I_a R_a$$

$$\frac{P}{A} \phi Z \frac{N}{60} = V - I_a R_a$$

$$K_1 \cdot \phi N = V - I_a R_a \Rightarrow \boxed{N = \frac{V - I_a R_a}{K_1 \cdot \phi}}$$

$V \rightarrow \text{const.}$

assume $I_a R_a \ll$

$$\therefore N \propto \frac{1}{\phi}$$

D.c Motor chls

1) Torque - Armature current chls (T, I_a)

$$T_a \propto \phi I_a$$

2) Speed - Armature current chls (N, I)

$$N \propto \frac{V - I_a R_a}{\phi}$$

* D.c shunt Motor chls

i) T, I_a

$$T_a \propto \phi I_a$$

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$$

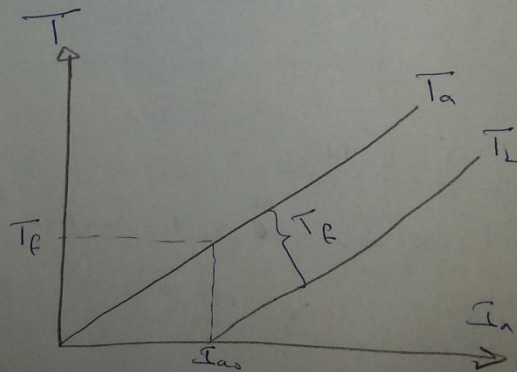
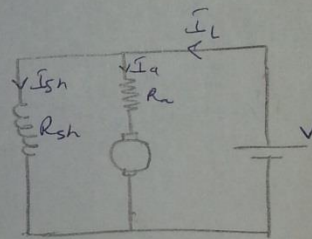
$$\phi = \text{Const.}$$

$$\text{if } R_{sh}, V \rightarrow \text{const}$$

$$\therefore I_{sh} \rightarrow \text{const}$$

$$\therefore \phi \rightarrow \text{const}$$

$$\boxed{T_a \propto I_a}$$



IV

← إذا كانت ϕ غير ثابتة بسبب الـ (armature reaction) عند التحميل يقل الفيض فتزيد السرعة ولكنه تقل السرعة بمقدار $(V - I_a R_a)$ فيحدث تقاير وتظل N ثابتة .

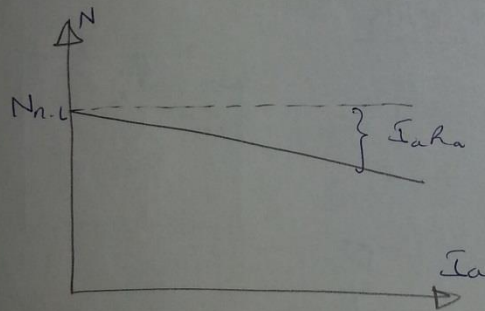
ii) N, I_a

$$N \propto \frac{V - I_a R_a}{\phi}$$

$$\phi \rightarrow \text{const.}$$

$$N \propto V - I_a R_a$$

كلما زاد التحميل تقل السرعة بمقدار $(V - I_a R_a)$



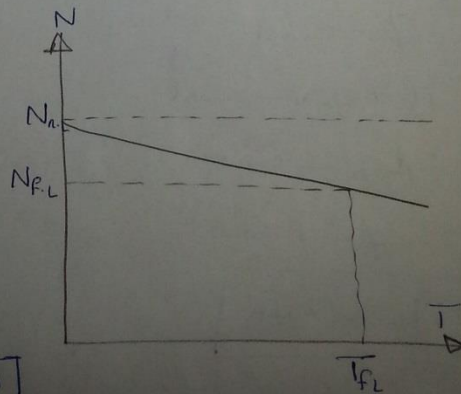
iii) T, N

$$T_a \propto I_a, N \propto V - I_a R_a$$

$$I_a \propto \frac{V - N}{R_a}$$

$$T_a \propto \frac{V - N}{R_a}$$

[11]



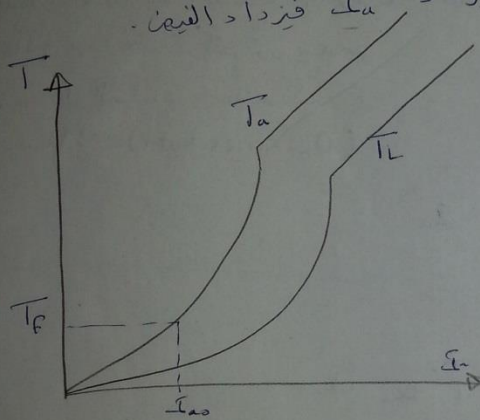
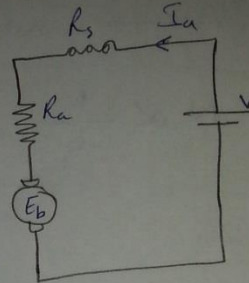
* Dc Series Motor chls

i) $T \propto I_a$

$T_a \propto I_a \phi$

المسئول عن توليد الفيض هو I_a فكلما زاد التحميل يزداد I_a فيزداد الفيض.

$I_a = I_L = I_s$



دائماً متساويين (3)

(Saturation)

saturation

$\phi \rightarrow \text{const}$

$T_a \propto T_L$

ii) $N \propto I_a$

$$N \propto \frac{V - I_a R_a - I_a R_s}{\phi}$$

$I_a R_a - I_s R_s \rightarrow \text{very small}$

$\phi \propto I_a$

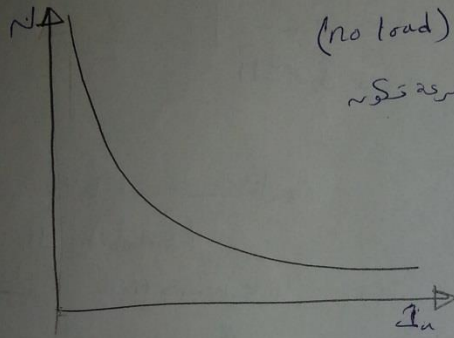
$$N \propto \frac{V}{I_a}$$

مع إهمال $I_a(R_a - R_s)$

$V \rightarrow \text{Const}$

$$N \propto \frac{1}{I_a}$$

$$N \propto \frac{1}{\phi}$$



← مینفخشی نوعیل (Series) (no load) فی

التيار الذي سيتقوم بسحبها بغير فالسرية تكون

عالية جداً فتمكنه الموتور يتقدم.

← كل التمرانات في الاستكسرية

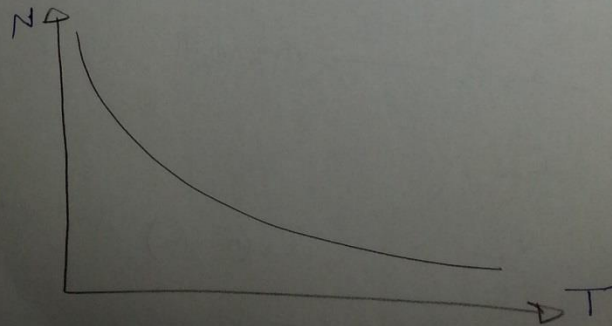
شعالة (Dc series Motor)

iii) N, T

$$N \propto \frac{1}{I_a}$$

$$T \propto I_a^2$$

$$I_a \propto \sqrt{T} \Rightarrow N \propto \frac{1}{\sqrt{T}}$$



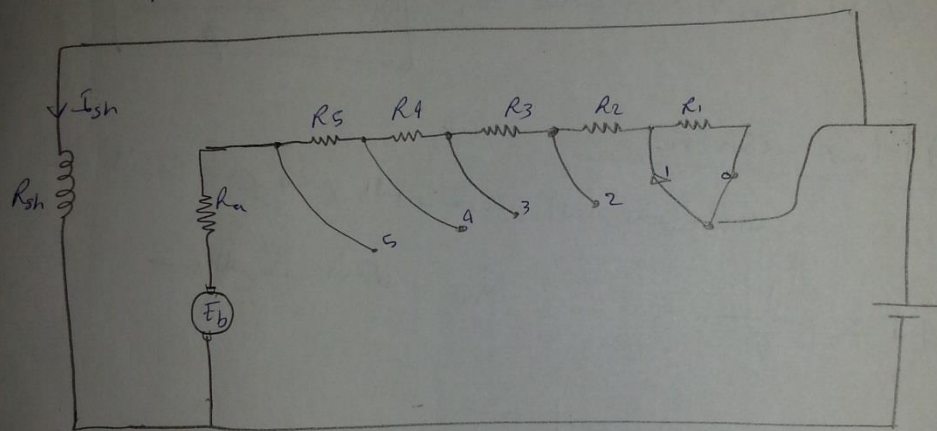
9.7

→ starting of D.C Motor

$$E_b = V - I_a R_a \rightarrow I_a = \frac{V - E_b}{R_a}$$

at starting : $N = 0$

$$E_b = \frac{P}{A} \phi Z \frac{N}{60} = 0, I_{\text{start}} = \frac{V - 0}{R_a}$$



$$I_{\text{start}} = \frac{V - 0}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_a}$$

$$I_{a1} = \frac{V - E_b}{R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_a}$$

$$I_a = \frac{V - E_b}{R_a}$$

CI

→ speed control of D.C Motors

$$E_b = \frac{P}{A} \phi Z \frac{N}{60}$$

$$E_b \propto \phi \cdot N, \quad E_b = V - I_a R_a$$

$$\phi N \propto V - I_a R_a \Rightarrow \boxed{N \propto \frac{V - I_a R_a}{\phi}}$$

a) Flux Control

← النوع يتغير بتغير التيار فتغير التيار غير من السرعة.

$$N \propto \frac{1}{\phi}$$

← للسرعات الأعلى من N_{rat}

b) Rheostatic Control

$$\frac{I_a (R_a + R_{add})}{\text{ثابت}}$$

← R_{add} هي من تتحكم بالسرعة.

→ we can call this armature control.

c) Voltage Control (V)

← للسرعات الأقل من N_{rat}
rated speed.

CC

Speed Control of D.C Shunt Motor

a) Flux Control

$$I_{sh1} = \frac{V}{R_{sh}}$$

$$I_{sh2} = \frac{V}{R_{sh} + R_x}$$

$$\therefore N_2 > N_1$$

$$T_1 = K \cdot \phi_1 \cdot I_{a1}$$

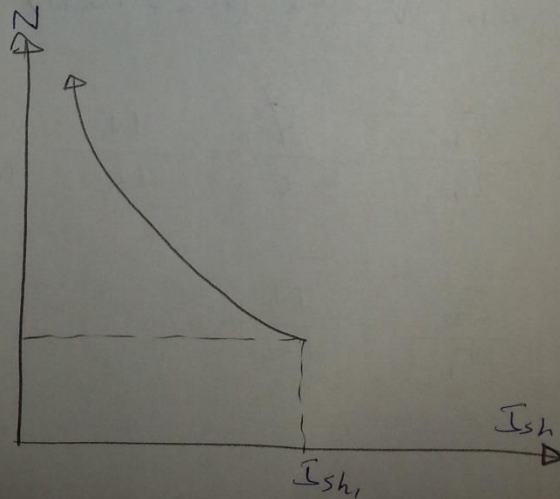
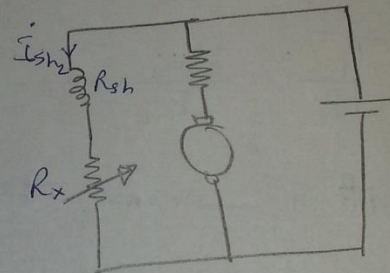
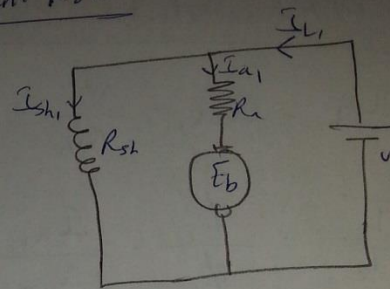
$$T_2 = K \cdot \phi_2 \cdot I_{a2}$$

at const. load Torque

$$T_{a1} = T_{a2}$$

$$\frac{T_{a1}}{T_{a2}} = 1 = \frac{\phi_1}{\phi_2} \cdot \frac{I_{a1}}{I_{a2}}$$

$$1 = \frac{I_{sh1}}{I_{sh2}} \cdot \frac{I_{a1}}{I_{a2}}$$



CP

b) Rheostatic Control

$$I_{sh1} = I_{sh2} = \frac{V}{R_{sh}}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\phi_1}{\phi_2} \cdot \frac{I_{a1}}{I_{a2}}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{I_{a1}}{I_{a2}}$$

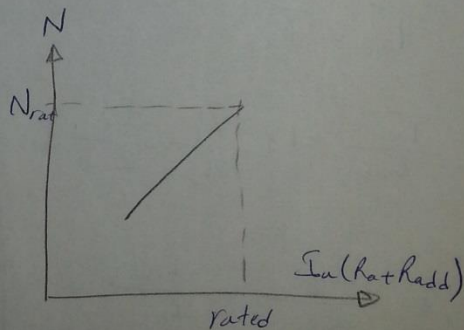
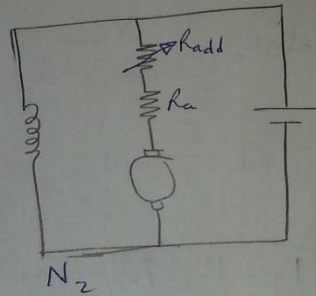
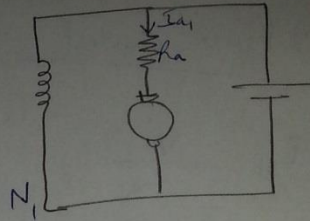
$$\text{if } T \rightarrow \text{const} \Rightarrow I_{a1} = I_{a2}$$

$$E_{b1} = V - I_{a1} R_a$$

$$E_b = V - I_{a1} (R_a + R_{add})$$

$$\frac{E_{b1}}{E_{b2}} = \frac{\phi_1}{\phi_2} \cdot \frac{N_1}{N_2}$$

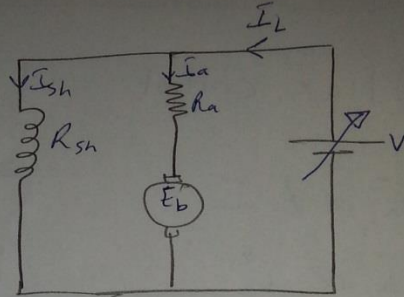
$$\boxed{\frac{E_{b1}}{E_{b2}} = \frac{N_1}{N_2}}$$



31

c) voltage control

$$N \propto \frac{V - I_a R_a}{\phi}$$



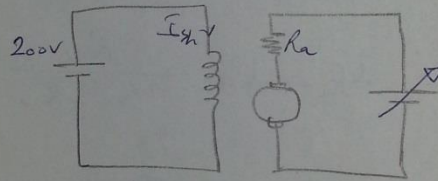
عند تغيير جهد ال (Supply) تتغير ملفات ال (Shunt)

فيغير الفيلد وتتغير ملفات الفيلد وهذا يعتبر خطأ واضح.

لا يسمح بالتغيير في ملفات ال Shunt أو ال Field.

نقوم بتغذية الدائرة بمصدر خارجي.

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \text{const}$$

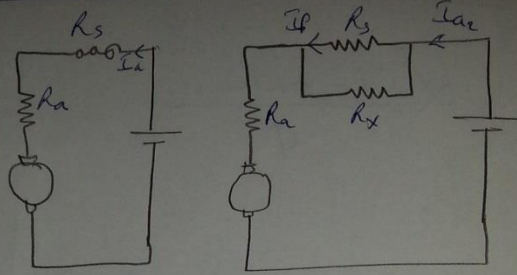


Speed Control of D.C. Series Motor

a) Flux Control

$$T_a \propto \phi \cdot I_a$$

$$T_a \propto I_a^2$$



[I] Field Diverters Method

R_s go to R_x to get I_f & I_a

before $R_x \rightarrow I_f = I_s = I_x, E_{b1} = V - I_{a1}(R_s + R_a)$

Case:2 $I_{f2} = I_{a2} \times \frac{R_x}{R_s + R_x}$

$$I_x = I_{a2} - I_{f2}, E_{b2} = V - I_{a2}(R_a + R_x \parallel R_s)$$

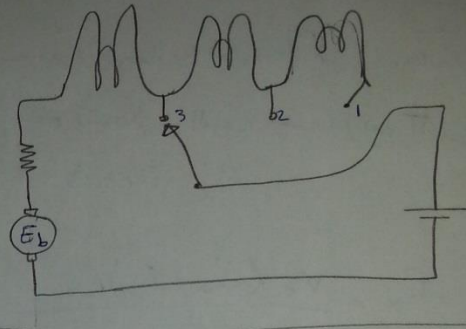
$$\frac{E_{b1}}{E_{b2}} = \frac{\phi_1}{\phi_2} \cdot \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow \frac{T_{a1}}{T_{a2}} = \frac{\phi_1}{\phi_2} \cdot \frac{I_{a1}}{I_{a2}}$$

$$\frac{T_{a1}}{T_{a2}} = \frac{I_{a1}^2}{I_{a2} \cdot I_f}$$

[57]

② Tapped Field Method

مع لا بد منه وجود مجموعة
ملفات سوياً يتم التغيير
بينهم ، كالمكانه طرفين .



③ Series - Parallel Connection

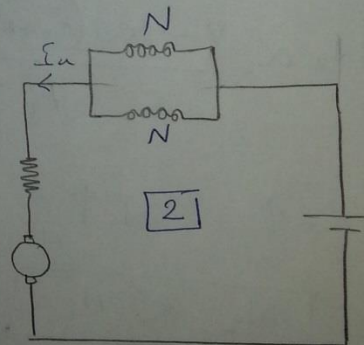
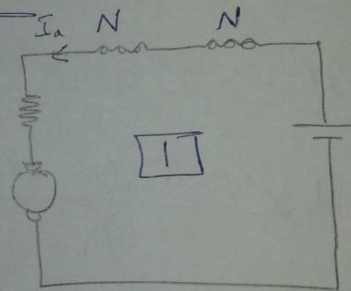
$$\phi_1 \propto I_a \cdot 2N$$

$$\phi_2 \propto \frac{I_a}{2} \cdot (2N)$$

$$\phi_1 \propto 2 I_a N$$

$$\phi_2 \propto I_a N$$

عيبها لا تستطيع ان تأخذ الا
المرعة ونفعها ولا شيء خلا ذلك .



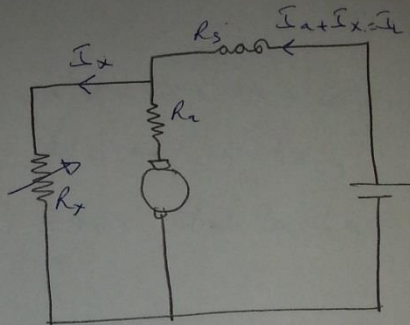
CV

4 Armature Diverter Control

← توصيل مقاومة متوازية مع الـ (Armature)

← تتحكم في الفيض عن طريق التغير في قيمة R_x

$$I_x = \frac{V - (I_a + I_x)R_s}{R_x}$$



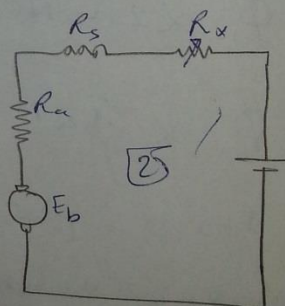
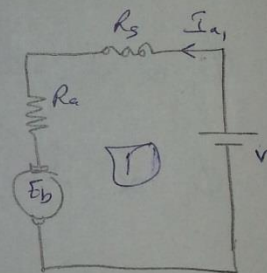
b) Rheostatic Control:-

$$N_1 \propto \frac{V - I_{a1}(R_a + R_s)}{\phi_1}$$

$$N_2 \propto \frac{V - I_{a2}(R_s + R_a + R_x)}{\phi_2}$$

$$R_x \uparrow \quad N \uparrow$$

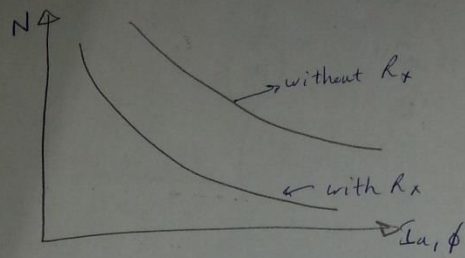
$$N_2 < N_1$$



CA

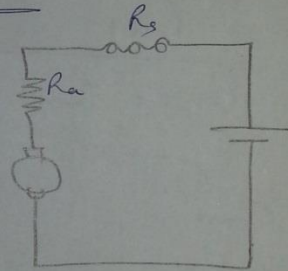
if $T \rightarrow \text{const}$

$$\therefore \phi_1 = \phi_2, I_{a1} = I_{a2}$$



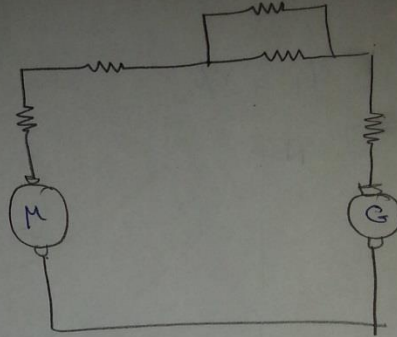
① Applied Voltage Control

$$N \propto \frac{V - I_a(R_a + R_s)}{\phi}$$



ca

← عند دمج (Generator)
 مكان V ← ال G يولد
 الكهرباء يتم تشغيل ال (Motor)
 بها.



$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{loss}}$$

Const
 Iron, F.w.

Variable
 Copper
 $\sum I^2 R$

← الشرط الذي عنده أقصى كفاءة للآلة .

$$\eta_{max} \text{ at } \Rightarrow \boxed{\text{Const. losses} = \text{Variable losses}}$$

٣٠

CH 3, 4

by: mohammed fathy

Ch:3

Transformer

← جهاز يعمل على تحويل أدرع الجهد الكهربي مع ثبات التردد

$$\phi = \phi_{max} \sin(\omega t)$$

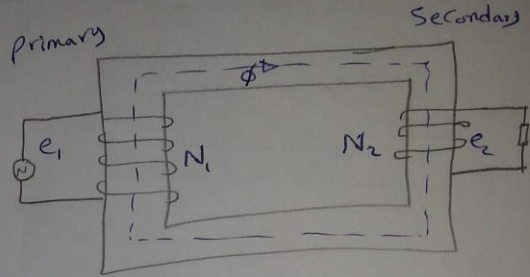
$$e_1 = N \frac{d\phi}{dt}$$

$$= N_1 \phi_m \omega \cos \omega t$$

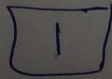
$$E_1 \approx \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} \approx 4.44 \phi_m N_1 f$$

$$E_2 \approx 4.44 \phi_m N_2 f$$

$$\frac{E_1}{E_2} \approx \frac{N_1}{N_2}$$

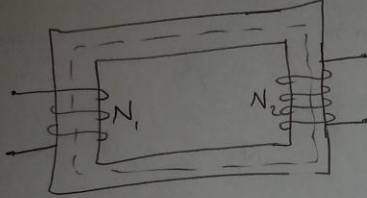


← المحول لا يعمل على DC



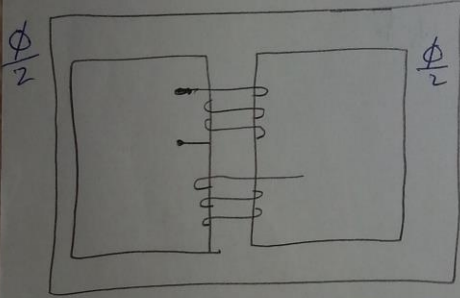
Types of transformer

① Core type



→ أفضل في حالة الجهود الكبيرة لأنه
يحتوي على عازل كهربائي والمغناطيس
متباعدة عنه بحيث فيسهل العزلة.

② shell type



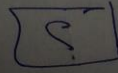
→ أفضل من الـ (Core)
لأن الفيض يتوزع على الإثنين لأن
الإثنين على بعدي بالطول.

Power transformer

→ يستخدم في القدرات العالية لأنه يهزم بنقل قدرات.

measure transformer

→ يستخدم مع القدرات المنخفضة لأنه يقيس الجهود فقط.



Ideal transformer on No Load

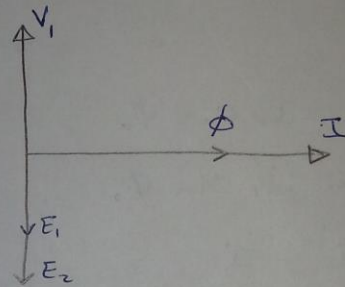
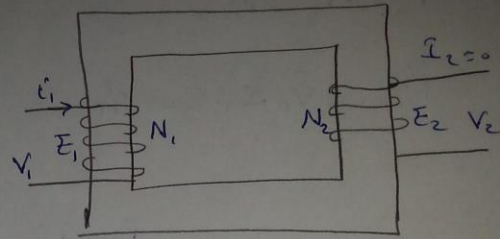
iron losses = 0

$$R_1 = R_2 = 0$$

Copper losses = 0

$$N = \infty$$

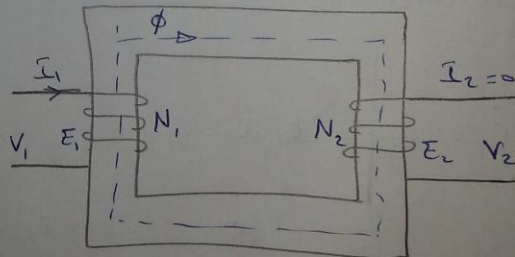
(Phasor diagram) لا يوجد مفاقيد لذلك يكون الشكل هكذا.



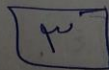
Practical Transformer on No Load :-

لأنه نقوم بإهمال المفاقيد لذلك يتم سحب تيار من المصدر لتغذية المفاقيد.

المحول يقوم بسحب (Power) و هو P_{iron}



$$P_{iron} = 1.9 \times 10^{-4} \cdot V_{rms}$$



at No Load

$$P_{in} = P_i = P_{iron}$$

$$P_{iron} = V_1 I_1 \cos \phi_1$$

يوجد جزآن

١- جزء حقيقي (I_c) مسئول عن ال Power .

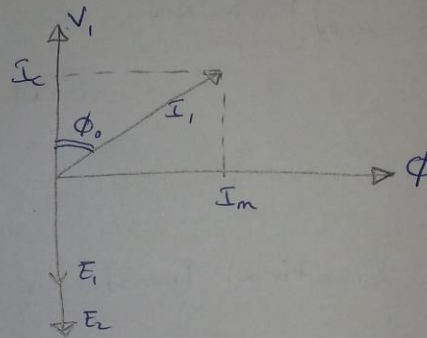
٢- جزء تخيلي (I_m) مسئول عن توليد الفيض .

$$I_c = I_1 \cos \phi_0$$

$$I_m = I_1 \sin \phi_0$$

$$I_1 = I_0$$

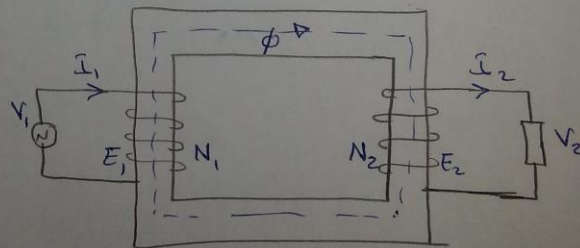
I_0 ← التيار المسمى ~~المغلق~~
 (at No Load) المعول



→ Transformer at Loading

$$\vec{I}_1 = \vec{I}_2 + \vec{I}_0$$

نفس



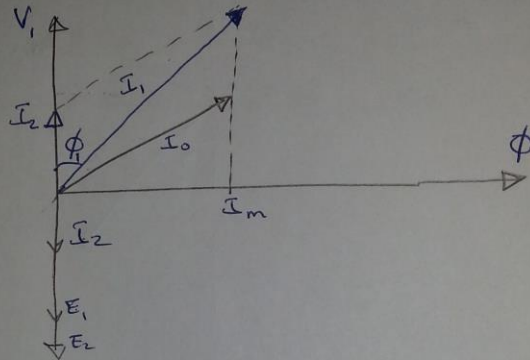
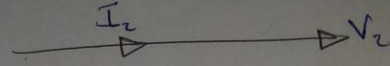
ϵ

← نرى نوع التحميل بنوع ال Power Factor

التحميل عبارة عن مقاومة

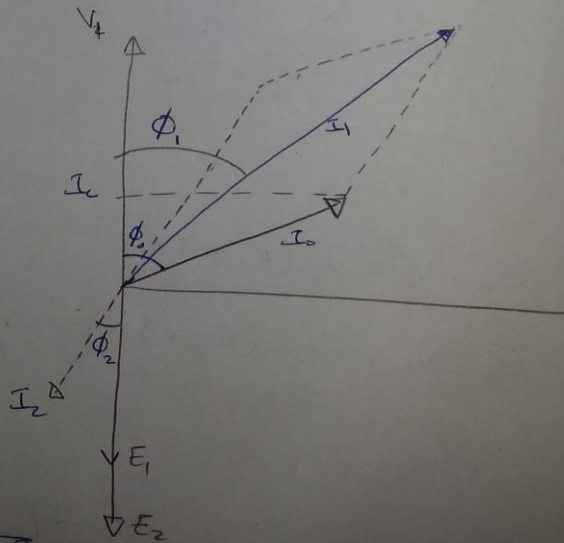
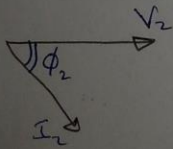
a) unity Power Factor

$I_2, V_2 \rightarrow$ in Phase



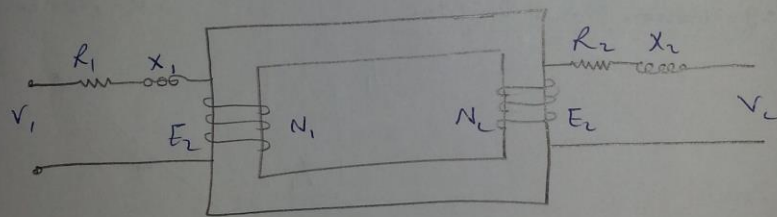
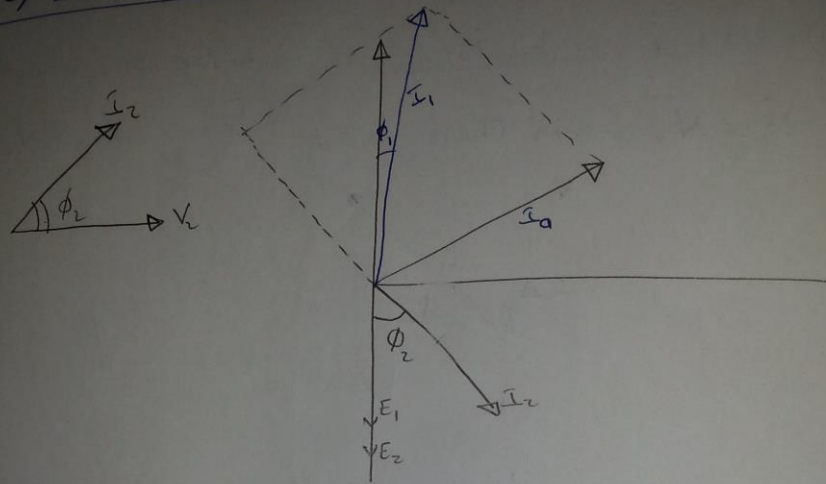
b) lag unity Power Factor

← مقاومة، ملف



c) Lead Power Factor

← عبارة عن حالة خاصة



$$E_1 = V_1 - I_1(R_1 + jX_1)$$

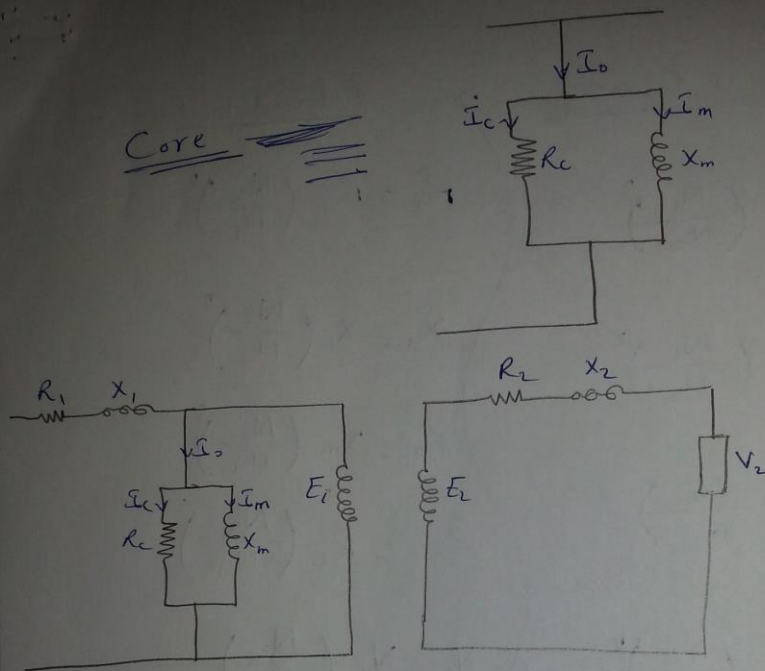
$$E_2 = V_2 + I_2(R_2 + jX_2)$$

$$Z_1 = R_1 + jX_1$$

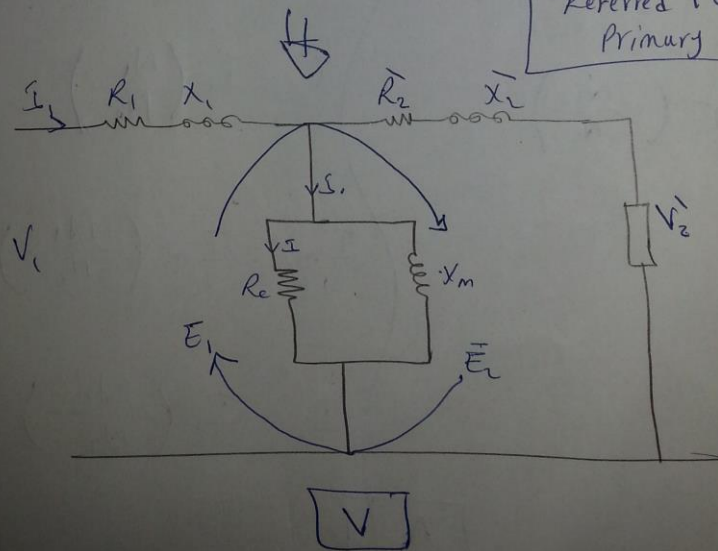
$$Z_2 = R_2 + jX_2$$

7

Core



Referred to
Primary



القوانين

Referred to Primary

$$\bar{R}_2 = R_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

$$\bar{X}_2 = X_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

$$\bar{V}_2 = V_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)$$

$$\bar{I}_2 = I_2 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2$$

$$\bar{E}_2 = E_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)$$

Referred to secondary

$$\bar{R}_1 = R_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2$$

$$\bar{X}_1 = X_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2$$

$$\bar{X}_m = X_m \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2$$

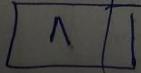
$$\bar{R}_c = R_c \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2$$

$$\bar{V}_1 = V_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)$$

$$\bar{I}_c = I_c \left(\frac{N_1}{N_2} \right)$$

$$\bar{I}_m = I_m \left(\frac{N_1}{N_2} \right)$$

$$\bar{I}_1 = I_1 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)$$



At referred to secondary

$$P_2 = V_2 I_2 \cos \phi_2, P_1 = V_1 I_1 \cos \phi_1$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

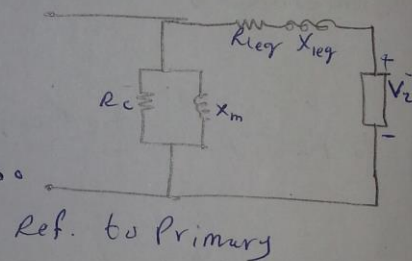
$$P_{\text{iron}} = I_c^2 R_c$$

$$P_{\text{cu}} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_2^2 R_2$$

$$P_1 = P_2 + P_{\text{iron}} + P_{\text{cu}}$$

* Voltage regulation

$$\% V.R = \frac{V_{n.L} - V_{F.L}}{V_{F.L}} \times 100$$



$$V_1 - \vec{V}_2 = \vec{I}_2 (R_{1eq} + j X_{1eq})$$

$$V.R = \frac{V_1 - \vec{V}_2}{\vec{V}_2} \times 100$$

9

if referred to secondary

$$V_{n.L} = \vec{V}_1$$

$$V_{P.L} = V_2$$

$$V.R \approx \frac{\vec{V}_1 - V_2}{V_2}$$

$$\vec{V}_1 - V_2 = I_2 (R_{eq} + jX_{eq})$$

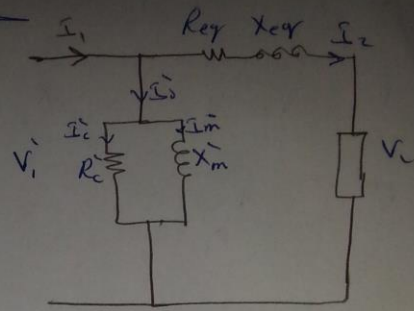
(transfer impedance) voltage drop ΔV due to voltage regulation

$$V.R \approx R = \frac{I_2 R_{eq} \cos \theta \pm I_2 X_{eq} \sin \theta}{V_2}$$

+ \rightarrow lag

- \rightarrow lead

1-



Types of transformer losses

$$\textcircled{1} \text{ Copper losses} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2$$
$$\text{or (in approx.)} = I_1^2 R_{eq} = I_2^2 R_{eq}$$

Iron losses

$$P_{iron} = P_{core} = I_c^2 R_c$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{out} + \text{losses}} = \frac{V_2 I_2 \cos \phi}{V_2 I_2 \cos \phi + P_{iron} + P_{cu}}$$

$$S (\text{Apparent power}) = VI$$

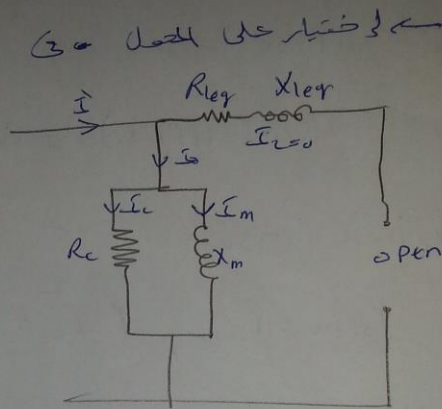
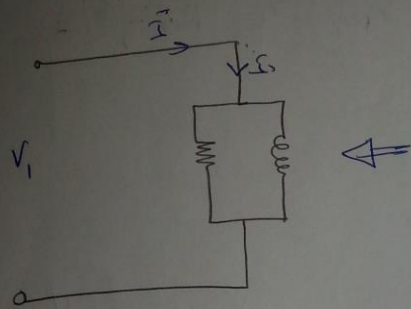
$$\eta = \frac{S \cos \phi}{S \cos \phi + P_{iron} + P_{cu}}$$

$$\eta = \frac{n \cdot S \cdot \cos \phi}{n \cdot S \cdot \cos \phi + P_i + (n)^2 P_{cu}}$$

||

Open circuit test (o.c.t) or No Load test

No-Load



← نفوذ جہد ال (Full load) علی اصول

← نفوذ بتسبیل ~~م~~ $\cos \phi$ (P.F.)

← نفوذ P_{iron} Copper losses

at No-load we have Piron

W_o	I_o	V_o
P_{iron}		V_1

$\cos \phi_o \rightarrow$ No Load P.F

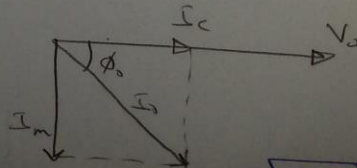
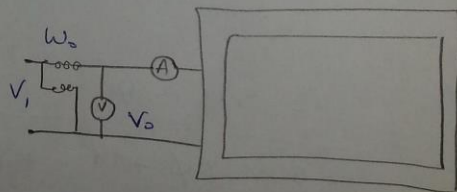
$$I_c = I_o \cos \phi_o$$

$$I_m = I_o \sin \phi_o$$

$$P_i = W_o = V_o I_o \cos \phi_o$$

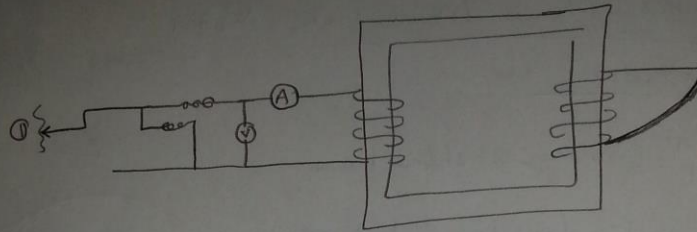
$$\phi_o = \cos^{-1} \left(\frac{P_i}{V_o I_o} \right)$$

$$R_c = \frac{V_o}{I_c} \quad , \quad X_m = \frac{V_o}{I_m}$$

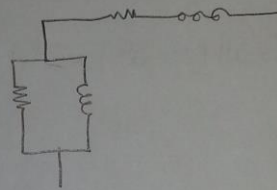


15

2 short circuit test



نقوس بقاء جهد صغير عند وقت
جزء من الجهد حثري في الأست
Full Load



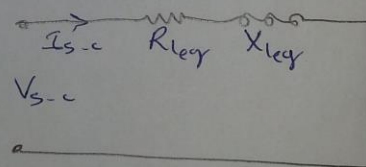
$I_{s.c}$ ← التيار في المكابا التي ليحل فيه (S.C) سواد (High side) أو (Low side)

← نقوس يا حال X_m, R_c

$$P_{s.c} = P_{cu} = I_{s.c}^2 R_{leg}$$

$$R_{leg} = \frac{P_{s.c}}{I_{s.c}^2}$$

$$Z_{leg} = \frac{V_{s.c}}{I_{s.c}} = \sqrt{R_{leg}^2 + X_{leg}^2}$$



$V_{s.c}$	$I_{s.c}$	R

$$P_{o.c} \rightarrow P_i$$

$$P_{a.cu} \rightarrow P_{s.c}$$

13

Ch: 4

Three-Phase induction Motor

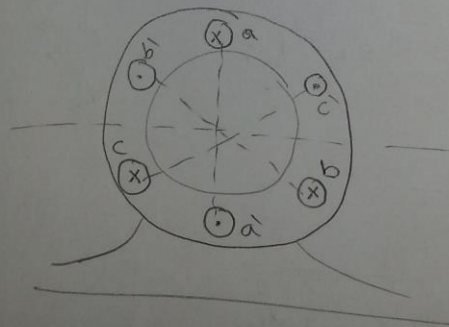
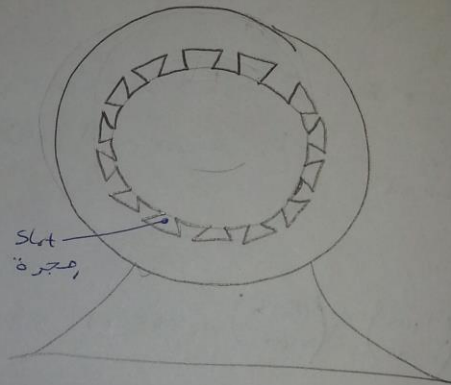
Stator

Silicon steel
مع اسلاك ممتزجة

ويعمل عليها lamination لتقليل (Eddy currents)

ولتتم تركيبها سوياً على هذا الشكل

سحب التركيب :



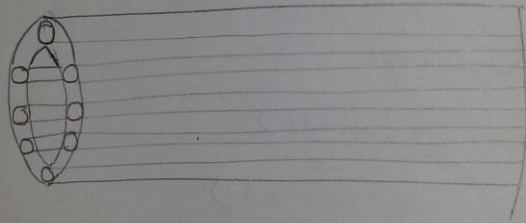
Rotor

① Squirrel Cage rotor

② Slipring or wound rotor

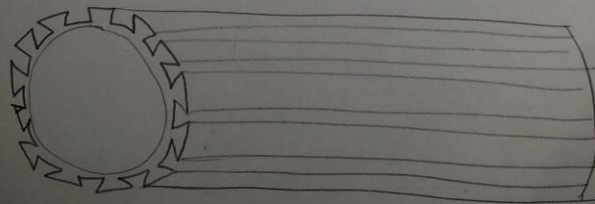
1) Squirrel Cage rotor

من أسطوانة مثبتة على محور دوران موزعة في الحديد عبارة
عن شرائح منفصلة لتقليل (eddy current) في بعض الحالات تكون مجهزة
مجوفة بها أسياخ من الحديد أو النحاس.



2) Slipring or wound rotor

من أسطوانة من الحديد محفور على سطحها الخارجي مغاري فولاد (rotor)
الخارجي (dc motor) ملف عليه ثلاثة ملفات.



10

يوجد أطراف winding ، stator ، rotor

← يفضّل (Squirrel cage)

① أسهل في الصيانة .

② أرخص منه الـ (Wound) .

③ الآلة لا تكثر طويلاً كما في (Wound) .

Wound ← يستعمل في الأبحاث بشكل أكبر .

فكرة العمل

لا بد أن نعلم أن لآلة طبيعة الفيض الداخلي 3-Phase .

→ الفيض يتغير بتغير التيار .

$$i_a = I_m \sin \omega t$$

$$i_b = I_m \sin (\omega t - 120^\circ)$$

$$i_c = I_m \sin (\omega t - 240^\circ)$$

$$\phi_a = \phi_m \sin \omega t$$

$$\phi_b = \phi_m \sin (\omega t - 120^\circ)$$

$$\phi_c = \phi_m \sin (\omega t - 240^\circ)$$

$$\phi_t = \phi_m (\sin(\omega t) + \sin(\omega t - 120^\circ) + \sin(\omega t - 240^\circ))$$

$$= \Phi_m \left[\sin(\omega t) + \sin(\omega t) \cdot \cos 120^\circ - \cos(\omega t) \cdot \sin(120^\circ) \right. \\ \left. + \sin(\omega t) \cdot \cos(240^\circ) - \cos(\omega t) \cdot \sin(240^\circ) \right]$$

$$\text{mmf (s.c.w)} = N i$$

Production of rotating magnetic field

$$i_a(t) = I_m \sin(\omega t)$$

$$i_b(t) = I_m \sin(\omega t - 120^\circ), \quad i_c(t) = I_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

$$\Phi_a(\theta) = \Phi_m \sin \theta \quad \text{and so on with } \Phi_b(\theta), \Phi_c(\theta)$$

$$F_a = F_m \sin \omega t \cdot \sin \theta \quad \text{and so on } F_b, F_c$$

$$F_T = F_m \left[\begin{aligned} &\sin(\omega t) \sin \theta + \sin(\omega t - 120^\circ) \\ &\times \sin(\theta - 120^\circ) + \sin(\omega t - 240^\circ) \\ &\times \sin(\theta - 240^\circ) \end{aligned} \right]$$

IV

$$= f_m \left[\begin{aligned} & \frac{1}{2} [\sin(\omega t + \theta) + \sin(\omega t - \theta)] \\ & + \frac{1}{2} [\sin(\omega t + \theta - 240^\circ) + \sin(\omega t - \theta)] \\ & + \frac{1}{2} * [\sin(\omega t - \theta - 120^\circ) + \sin(\omega t - \theta)] \end{aligned} \right]$$

→ 0

$$P_t = \frac{3 f_m}{2} \sin(\omega t - \theta) \quad \text{and } N_s = \frac{120 f}{p}$$

$N \rightarrow$ rotor speed, $N_s \rightarrow$ speed of MMF

slip = s (إنزلا للاحو تور)

$$\text{slip} = \frac{N_s - N}{N_s} = s$$

at stand still $N = 0$

→ $s = 1$

at running: $N_s = 3000 \text{ r.p.m}$
 $N = 2950 \text{ r.p.m}$

∴ $s = 0.016$

$$0 < s \leq 1$$

IN

f = supply frequency

50 or 60 Hz

$f_r \rightarrow$ rotor E.m.f. frequency

$$N_s = \frac{120f}{p} \quad (1)$$

$$N_s - N = \frac{120f_r}{p} \quad (2)$$

$$\frac{N_s - N}{N_s} = \frac{120f_r/p}{120f/p} \Rightarrow \frac{N_s - N}{N_s} = \frac{f_r}{f}$$

$$\boxed{f_r = s f} \quad \text{(rotor frequency) } 3 \sim 5 \text{ S}$$

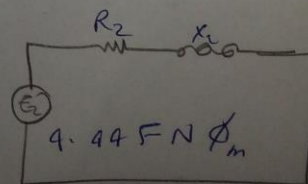
at stand still $s=1$

$X_2 \rightarrow$ rotor reactance at stand still

$R_2 \rightarrow$ " resistance at " "

$E_2 \rightarrow$ rotor em.f " " "

$\boxed{19}$



at running

$$E_{2r} = 4.44 f_r N \phi_m$$

$$= 4.44 \times s f N \phi_m$$

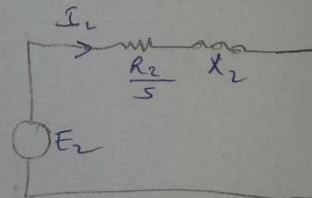
$$\boxed{E_{2r} = s E_2}$$

$$X_2 = 2\pi f L_2$$

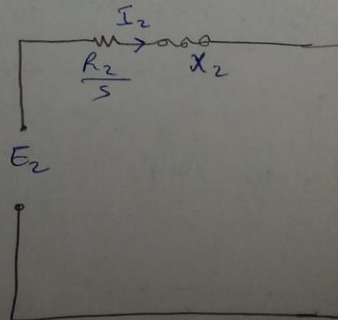
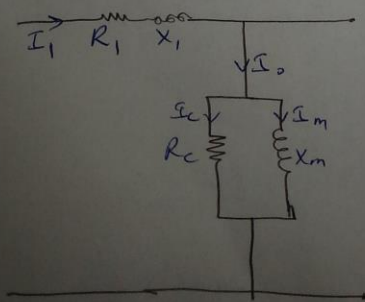
$$X_{2r} = 2\pi f_r L_2 = 2\pi s f L_2$$

$$\boxed{X_{2r} = s X_2}$$

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_2^2}}$$

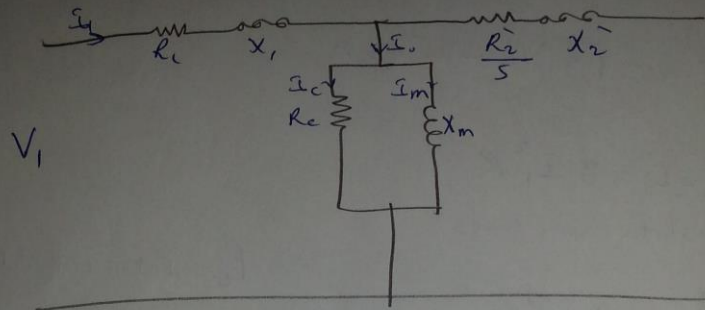


Equivalent

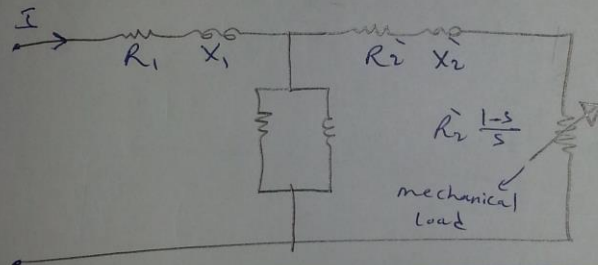


9.

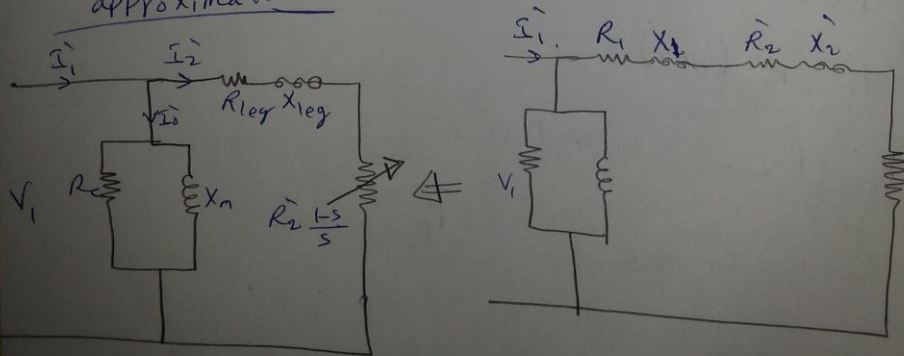
→ referred to stator



$$\frac{R_2}{s} = \bar{R}_2 + \bar{R}_2 \frac{1-s}{s}$$



approximate



[91]

$$\text{Input Power} = P_{in} = 3 V_1 I_1 \cos \theta$$

$$P_{in} = \sqrt{3} V_L I_1 \cos \theta$$

$$P_{s.c.L} = 3 I_1^2 R_1$$

↳ stator copper losses

$$P_c = I_c^2 R_c$$

↳ core losses

$$P_2 \rightarrow \text{rotor input Power}$$

$$P_2 = 3 I_2^2 \frac{R_2'}{s}$$

$$P_m = P_d = 3 I_2^2 R_2' \frac{1-s}{s}$$

$$P_{out} = P_m - P_{f.w}$$

~~3~~

$$P_{r.c.L} = s \cdot P_2$$

$$P_m = P_2 (1-s)$$

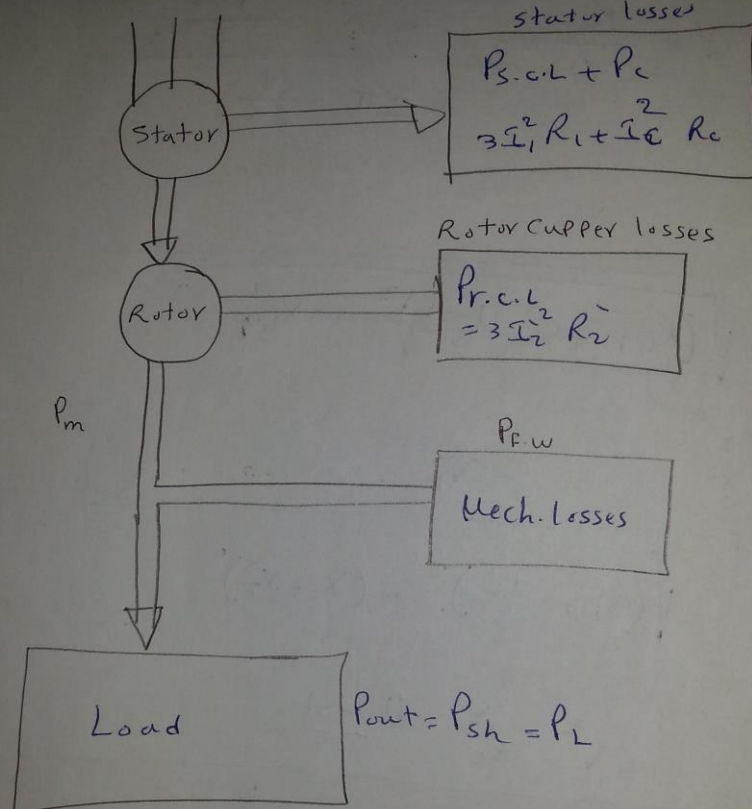
$$P_2 = P_{in} - \text{stator losses}$$

$$P_{out} = P_{mechanical} - P_{f.w}$$

[CS]

3- ϕ Induction motor Power flow

$$P_{in} = 3V_1 I_1 \cos \phi$$



CM

Torque

$$T_m = T_d = \frac{P_m}{\omega_{\text{m}}} = \frac{3 \hat{I}_2^2 R_2' \frac{1-s}{s}}{2\pi \frac{N}{60}}$$

$$\hat{I}_2' = \frac{V_1}{\sqrt{\left(R_{1eq} + R_2' \frac{1-s}{s} \right)^2 + X_{1eq}^2}}$$

$R_1 + R_2' \leftarrow R_{1eq}$

$$\hat{I}_2' s = \frac{V_1}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

$$T_m = \frac{3 V_1^2 R_2' \frac{1-s}{s}}{\omega \left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + (X_1 + X_2')^2}$$

$$\omega = 2\pi \frac{N}{60}$$

$$\omega_s = 2\pi \frac{N_s}{60}$$

$$s = \frac{N_s - N}{N_s}$$

$$\omega = \omega_s (1-s)$$

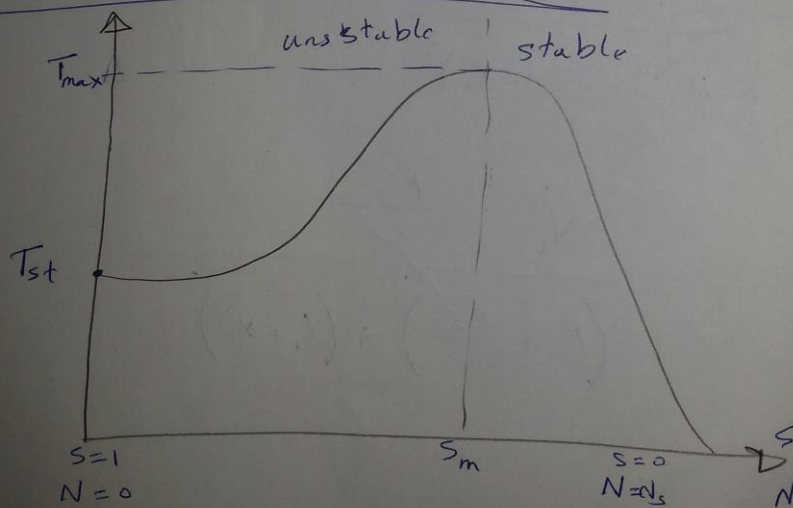
CE

$$T_m = \frac{3 V_1^2 R_2' \frac{(1-s)}{s}}{\omega_s (1-s) \left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + X_1^2 + X_2'^2}$$

$$T_m = \frac{3}{\omega_s} \frac{V_1^2 \frac{R_2'}{s}}{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + (X_1 + X_2')^2} \quad *$$

$$T_{out} = T_{sh} = T_L = \frac{P_{out}}{\omega} = T_m - T_{f.w}$$

Torque-speed chls



T_{st} → starting torque

Co

T_{st}

$\therefore T_m$ at $N=0, S=1$

* دقة في الصدارة

$T_{max} \Rightarrow T_m$ at S_m

$$\frac{\partial T_m}{\partial S} = 0$$

S_m هو الحل

$$S_m = \frac{R_2'}{\sqrt{R_1'^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

$$T_{max} = \frac{3}{w_s} \frac{V_1^2 \frac{R_2'}{S_m}}{\left(R_1 + \frac{R_2'}{S_m}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2}$$

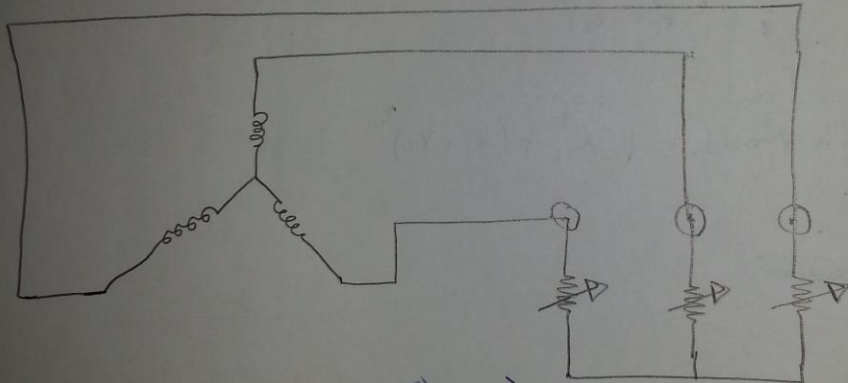
٩٦

$$\underline{T_{FL}}$$

$$T_{FL} = \frac{3V_1^2 \frac{R_2'}{s_{FL}}}{\omega_s \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_{FL}} \right)^2 + (X_1 + X_2')^2}, \quad s_{FL} = \frac{N_s - N_{FL}}{N_s}$$

* Effect of change in rotor resistance on torque

• ~~for~~ slipping rotor $\phi \propto \frac{1}{s}$



$$T = \frac{3}{\omega_s} \frac{V_1^2 \left(\frac{R_2' + R_{add}}{s} \right)}{\left(R_1 + \frac{R_2' + R_{add}}{s} \right)^2 + (X_1 + X_2')^2}$$

$T_{max} \rightarrow \text{const}$

$T_{FL} \rightarrow \text{decrease}$

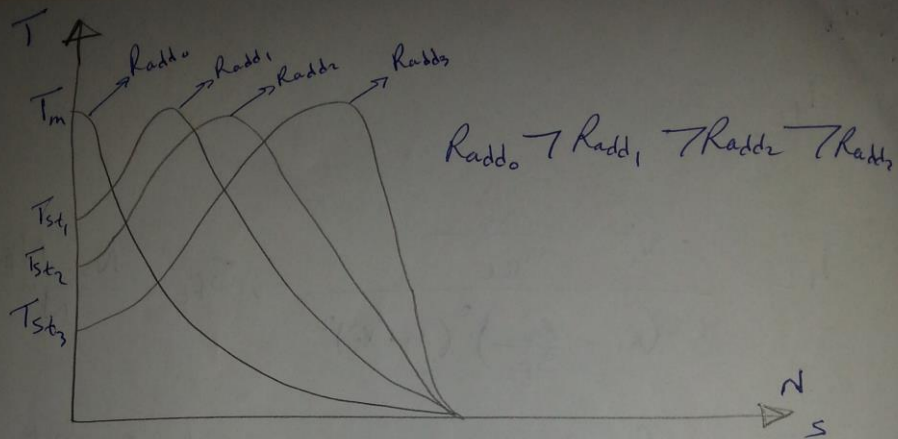
$T_{st} \rightarrow \text{increase}$

$s_m \rightarrow \text{increase}$

for $T_{max} = T_{st}$

$s_m = 1$

CV



$$S_m = \frac{R_i + R_{add}}{\sqrt{R_i^2 + (x_1 + x_2)^2}} = 1$$

$$R_i + R_{add} = \sqrt{R_i^2 + (x_1 + x_2)^2}$$

~~R_{add}~~

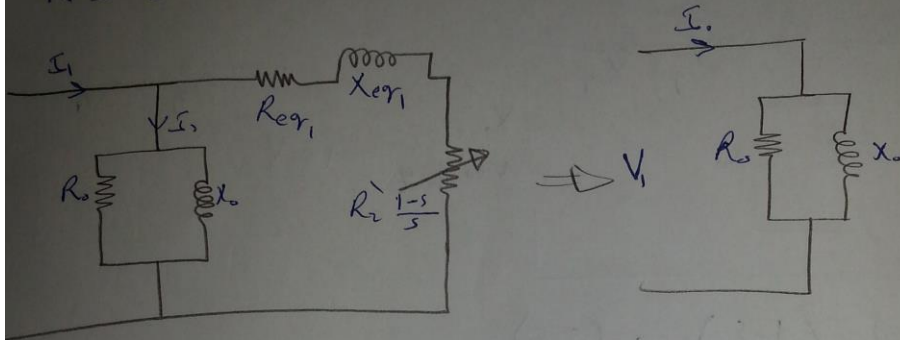


[CN]

(I) No Load test

$$N \approx N_s \Rightarrow s \approx 0$$

rotor متحرك بأعلى سرعة بدون load



← نريد أن نحسب الجهد التيار والقدرة.

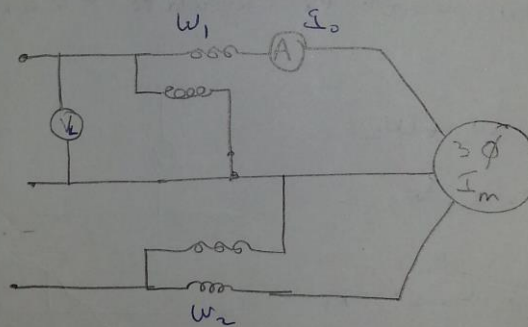
$$\omega_0 = \omega_1 + \omega_2$$

$$I_0 = \checkmark$$

$$V_L = \checkmark \text{ line voltage}$$

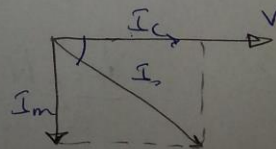
$$\omega_0 = \sqrt{3} V_L I_0 \cos \phi_0$$

$$\phi_0 = \cos^{-1} \left(\frac{\omega_0}{\sqrt{3} V_L I_0} \right)$$



$$R_0 = \frac{V_L / \sqrt{3}}{I_c}, \quad X_0 = \frac{V_L / \sqrt{3}}{I_m}$$

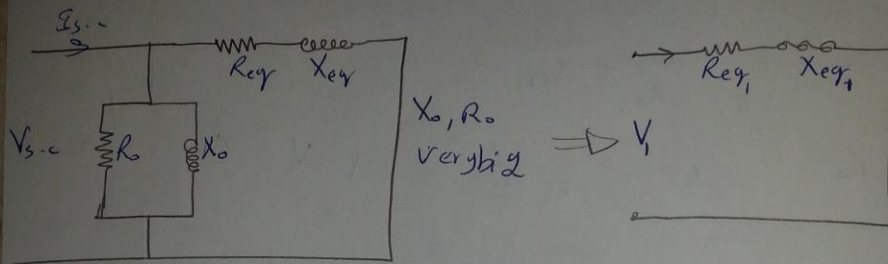
$$I_c = I_0 \cos \phi_0, \quad I_m = I_0 \sin \phi_0$$



99

[2] Blocked rotor test (s-c)

$$N=0, S=1$$



$$R_2 \left(\frac{1-s}{s} \right) = 0 \text{ (s.c)}$$

→ we want to calculate $W_{s.c}, W_{s.c}(\text{line}), I_{s.c}$

$$W_{s.c} = W_1 + W_2$$

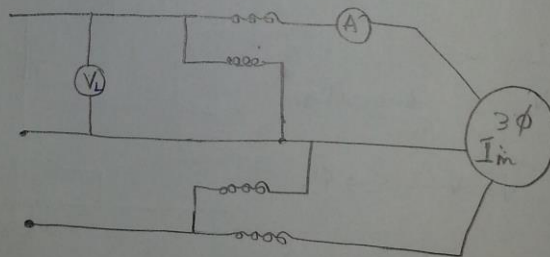
$$E_{s.c} = V, V_{L.s.c} = V$$

$$W_{s.c} \Rightarrow I_{s.c}^2 R_{eq1}$$

$$R_{eq1} = \frac{W_{s.c}}{3 I_{s.c}^2}$$

$$Z_{s.c} = \frac{V_{L.s.c} / \sqrt{3}}{I_{s.c}} = \sqrt{R_{eq1}^2 + X_{eq1}^2}$$

$$X_{eq1} = \sqrt{Z_{s.c}^2 - R_{eq1}^2}$$



✓

$$\% \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$P_{out} = \dots \quad h.p \Rightarrow (h.p = 746 \text{ W})$$

$W_0 \rightarrow$ No Load power @ iron losses ~~Part~~
losses ② Friction losses

$W_{s.c}$: P_{cu} at full load.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + \text{losses}}$$

$$\% \eta_s = \frac{P_{out_{FL}}}{P_{out_{FL}} + W_0 + W_{s.c}} \times 100 \quad (\text{at full load})$$

$$\eta_n = \frac{P_{out_{FL}} \times n}{P_{out_{FL}} \times n + W_0 + n^2 W_{s.c}} \times 100$$

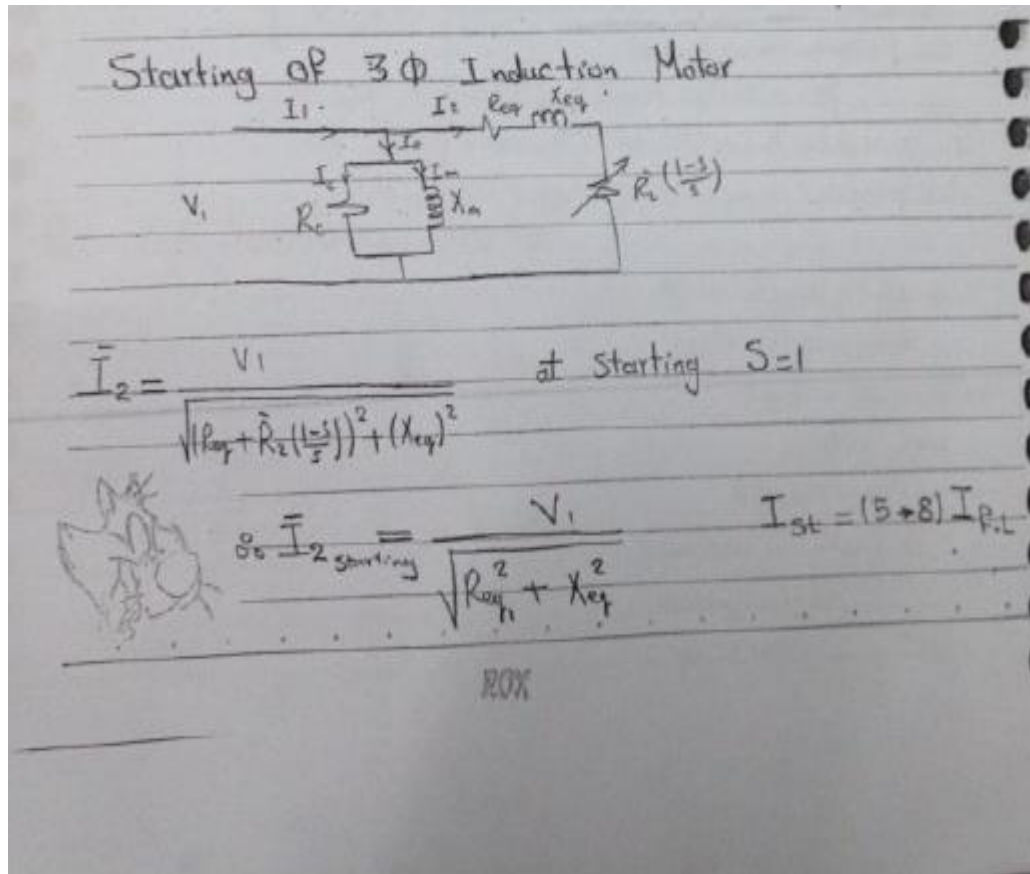
41

→ starting of 3ϕ Induction motor

هذا الجزء متواجد في
ملفات العام الماضي

٢٢

تم جمعها من ملفات العام الماضي :

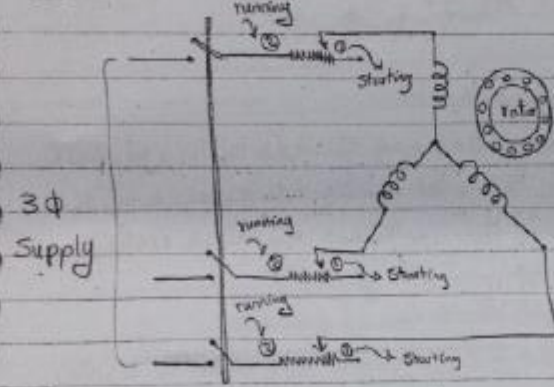


لحظة عمل المحرك $I_p (5-8) = I_a$ أي أنه يسحب تيار من 5 إلى 8 أمبيرات
المحرك عند بدء العمل لذا لابد من إيجاد طرق لتقليل التيار المأخوذ عند لحظة
بداية عمل المحرك

→ There is 5 ways to make starting to reduce the starting current.

- 1 Stator resistance Starter ← كل محرك له طريقة مناسبة لعل
- 2 Auto transformer Starter ← Starting له
- 3 Star delta starter
- 4 rotor resistance Starter
- 5 Direct on line Starter (D.O.L)

1 Stator resistance Starter

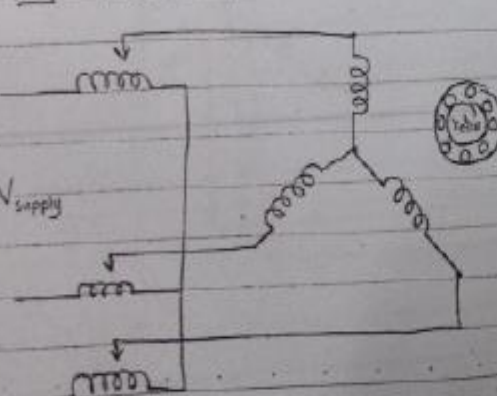


تعتبر هذه الطريقة على وضع
مقاومة متغيرة عند ملفات
Stator

عيوب هذه الطريقة
1- التيار لحظة Start يكون كبير
2- الخسائر تكون كبيرة
3- المقاومة المتغيرة المستخدمة
تكون لها Power كبير لتحمل التيار
الكبير لحظة البداية وبالتالي حجمها

يزيد وكذا التكلفة قد يصل حجمها إلى أضغاف حجم المحرك نفسه
3- عند إيقاف التيار فإنه يحزم البيا Starting Torque قليل
لذا نحن هذه العيوب لجأ إلى الطريقة الثانية

2 Auto transformer Starter



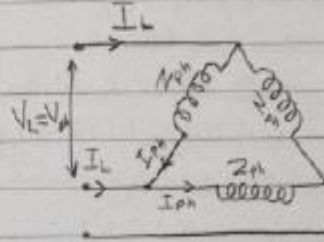
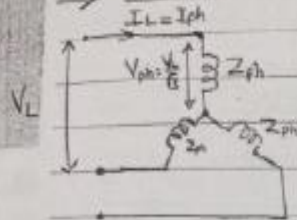
→ هنا تم استبدال المقاومة
المتغيرة بملفات متغيرة
← عيب هذه الطريقة
المعرجات
← ميزة هذه الطريقة

تتطلب على Power loss
نظرًا لصغر مقاومته
المقاومة

3] Star delta Starter

→ This way is the most used

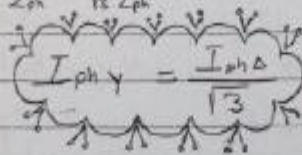
→ we know



$$I_{phY} = I_L = \frac{V_{ph}}{Z_{ph}} = \frac{V_L}{\sqrt{3} Z_{ph}}$$

$$I_{ph\Delta} = \frac{V_{ph}}{Z_{ph}} = \frac{V_L}{Z_{ph}}$$

then →



← I_{phY} اصغر من $I_{ph\Delta}$ بمقدار $\sqrt{3}$

لذا في حالة المحرك التي نعمل على وضع Δ خطه البراليه توصل الملفات على الوضع Y لنقل التيار ثم 3 ولها موه ثابته الى Δ حتى نحصل على أعلى عزم حيث أن $T \propto I^2$ وبالتالي فإن العزم في حالة Y

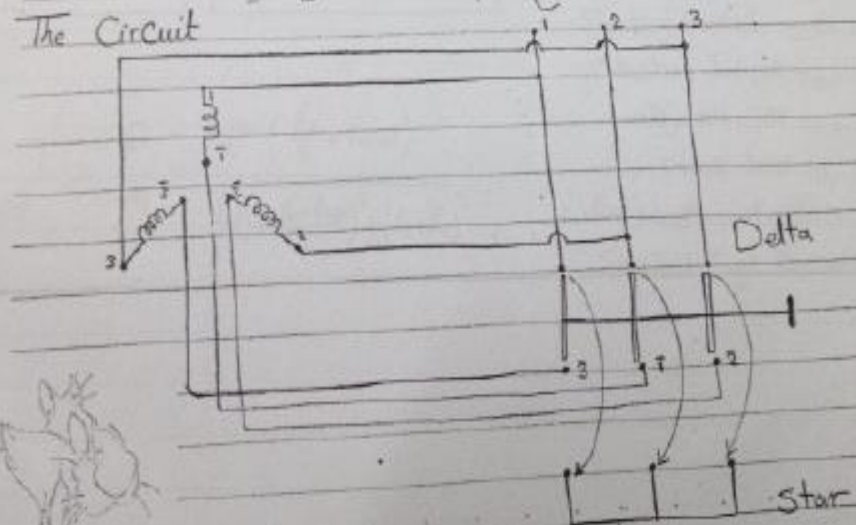
$$T_Y = \frac{1}{3} T_{\Delta} \leftarrow \text{يختلف عتق في حالة } \Delta$$

وضا العزم في حالة Δ على 3 أضعاف اعظم في حالة Y

← لاحظ أن هذه الطريقة لا يمكن استخدامها في حالة المحرك التي

تعمل على الوضع Y . Star نهائيا

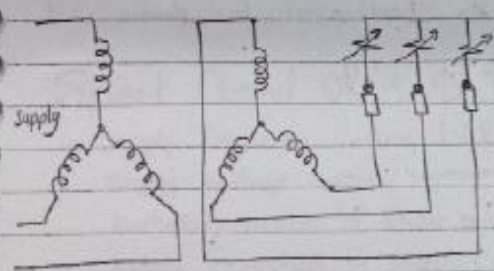
The Circuit



مميزات هذه الطريقة

- 1- لا يوجد خفاقيد
- 2- التكلفة أقل وهم المحرك ثابت
- عيوب هذه الطريقة
 - 1- عليه Starting تقل التيار وبالتالي العزم يقل هذا العيب مشترك في كل الطرق لذا عند عمل Starting لا بد من ضمان أن Torque المحرك أكبر من Torque Load حتى لا ترق المحرك لأنه يسحب تيار كبير
 - 2- لاحظ أن المفتاح ينتقل بين Star و Delta أوتوماتيكياً حيث أنه في حالة انقطاع التيار الكهربائي والمحرك يعمل لا بد من لقائه المفتاح إلى الوضع Star حيث عندما يعود التيار تخطئه التعتي على يكون التيار أقل في حالة عودة التيار والمحرك على وضع Δ فإنه سوف يسحب تيار أكبر

[4] Rotor resistance Starter.



تعد هذه الطريقة على وضع مقاومة متغيرة في دوائر rotor وهذا لأن يكون wound rotor حتى يمكن فتح

مميزات هذه الطريقة

- 1- قلل Starting Current
- 2- زود Starting Torque

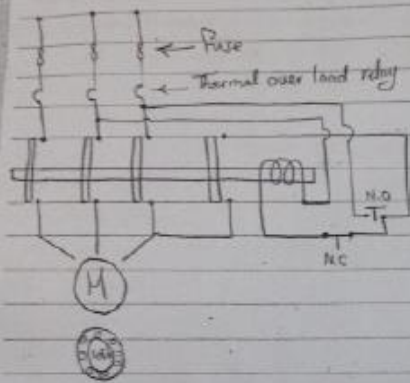
عيوب هذه الطريقة

- 1- زود power loss
- 2- لا يمكن استخدامه في Motor Squirrel Cage Rotor

$$T = \frac{P}{\omega_s} = \frac{V^2 \left(\frac{R_s}{s} + R_{add} \right)}{\sqrt{\left(R_s + \frac{R_s + R_{add}}{s} \right)^2 + (X_s + X_r)^2}}$$

Date: _____ No: _____

5 Direct on line Starter (D.O.L)



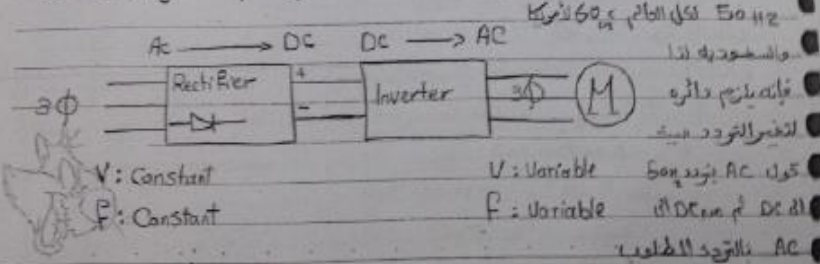
Over load
يعمل الآلة عند تحميلها أكثر
من الذي استطاع عمله
Thermal over load
يعمل الآلة إذا زاد التيار عن
الحد المحدد في زمنية معينة
وبالتالي لن يعمل Start
تحت هذه الطريقة لن تستخدم
في المحركات التي قدرتها
أقل من 10 HP
بأقوى الطرق السابقة
تستخدم مع المحركات التي قدرتها
أكبر من 10 HP

N.O: normally open (on → open, off → closed)
N.C: normally closed (on → closed, off → open)

Speed Control of 3-Φ Induction Motor.

- Supply Frequency Control (V/F) Control (Ns)
- Supply Voltage control (s)
- Controlling number of stator poles (Ns) $N_r = N_s(1-s)$
- Adding rheostats in stator circuit (s) $\frac{r_{rot}}{P}$
- Adding external resistance in the rotor circuit (s)

II Supply Frequency Control



ROX

في هذا النوع يتم تغيير التردد معاً وذلك للحفاظ على النسبة بينها ثابت وبالتالي تظل Φ ثابتة حتى نحصل على maximum Torque ثابت

$$E = 4.44 \Phi f T_{pk}$$

$$\therefore \Phi \propto \frac{E}{f} \rightarrow E = V$$

$$\therefore \Phi \propto \frac{V}{f} \leftarrow \text{Should be Constant}$$

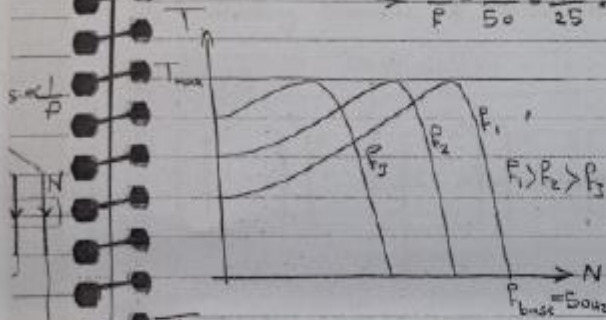
$$\rightarrow V_1 = 220V$$

$$P_1 = 50H$$

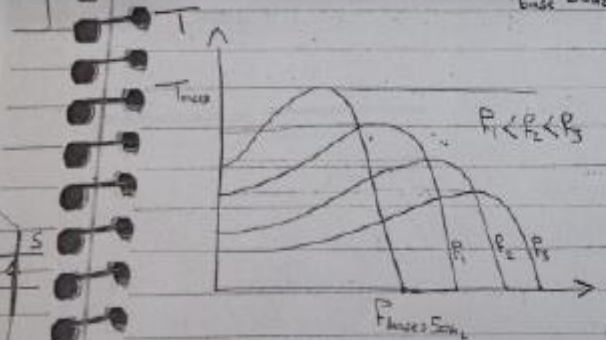
$$\rightarrow V_2 = 110V$$

$$P_2 = 25H$$

$$\rightarrow \frac{V}{f} = \frac{220}{50} = \frac{110}{25} = 4.4$$

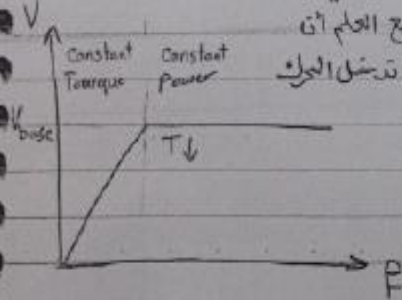


هذا الشكل يمثل الحصول على سرعة أقل من سرعة المحرك عند تردد $P_{base} = 50$ هرتز. هنا يكون T ثابت حيث Φ ثابت



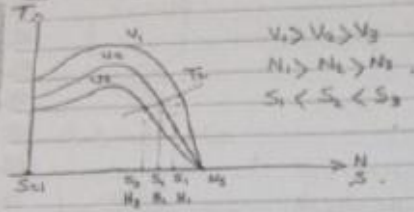
إذا أردنا الحصول على سرعة أكبر من سرعة المحرك عند $P_{base} = 50$ هرتز $N_r \propto f$ هنا نزيد P للحصول على N أعلى وبالتالي V لازم تزيد عن تظل Φ ثابتة وهذا غير متحقق لأن V مغلقة

الحصول على سرعة أقل من سرعة معين وبالتالي P وتظل V ثابتة هنا الفين سوف يتقل maximum Torque سوف يتقل مع العلم أن زيادة Φ تسبب مشكلة كبيرة لأنها تدخل الحرك



في مرحلة saturation Φ constant power ثابت $P = T_r \omega$ حيث $\omega = \text{constant}$

2 Supply Voltage Control



P : Constant

$$N_s = \frac{120P}{P} = \text{Constant}$$

$$N_r = N_s (1 - S)$$

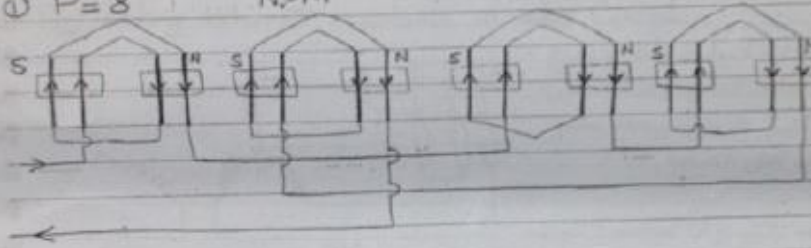
نسبة سرعة الدوران S ←
 $\eta = 1 - S$

3 Controlling Number of Stator poles.

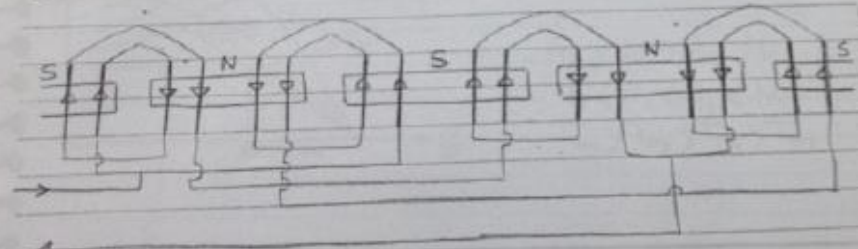
$$N_s = \frac{120P}{P}, N_s = \frac{1}{P}$$

① $P=8$

$$N_r = N_1$$



② $P=4$

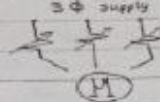
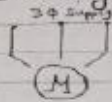


$$N_r = N_2 = \frac{1}{2} N_1$$

عيب هذه الطريقة أن المحرك يتحرك
 بسرعة N أو $\frac{N}{2}$ فقط



4] Adding Rheostats in Stator Circuit

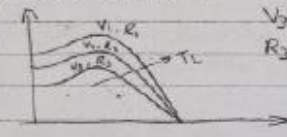


$$N_r = N_s (1-s)$$

↓
const

تغيير الجهد في الدارة

تم ايجاد مقدار متغير s كانت s كبيرة
لما مثل الجهد الداخل للمحرك

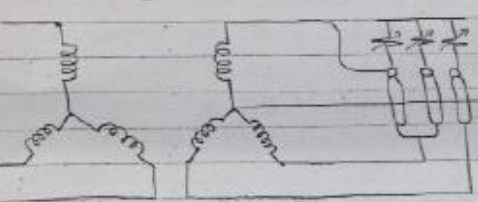


$$V_3 < V_2 < V_1$$

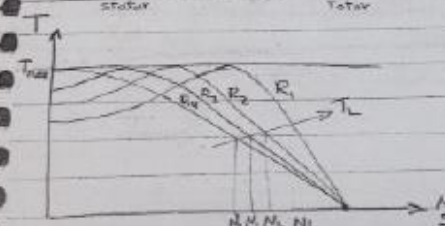
$$R_3 > R_2 > R_1$$

عيب هذه الطريقة هو power losses

5] Adding external resistance in rotor Circuit



هذا يعني ان يكون rotor من النوع wound rotor
والذي لا يضره power losses
التي تقل الكفاءة



← انسيان Torque ثابت
مع زخم البدء
يزيد

$$R_4 > R_3 > R_2 > R_1$$

$$N_4 < N_3 < N_2 < N_1$$

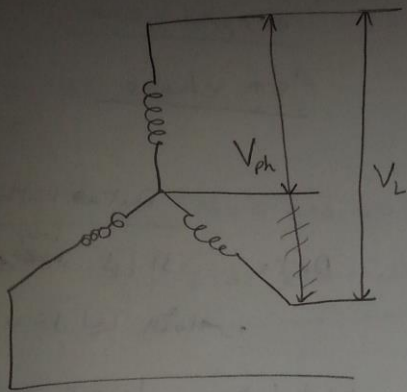
$$T_{st4} > T_{st3} > T_{st2} > T_{st1}$$

CH 5,6

by mshehmed Fathy

ملحوظة هامة

فى الباب الخامس الكتابة
من اليمين إلى اليسار
وليس العكس 😊



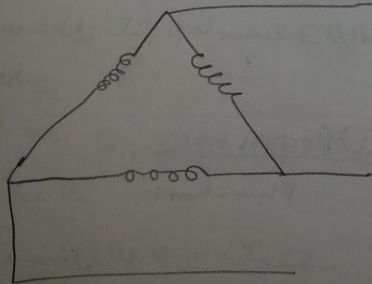
Star

$$V_{ph} = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$$

$$I_{ph} = I_L$$

$$P = 3 V_{ph} I_{ph} \cos \theta$$

$$= \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta$$



delta

1

State box ← الخيارات بالترتيب

به اقله decision box
T₄, T₃, T₂, T₁

Conditional box وفي

معاينة جدول الحالتين

Ch: 5

Synchronous generator

slip لا يوجد به

$$S = 0$$

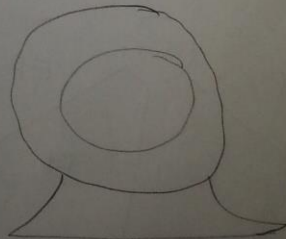
يوجد به سرعة واحدة فقط ولا

N_s وهي

$$N_s = \frac{120 \cdot P}{p}$$

* Stator

(3-Phase induction) 3 stator
motor

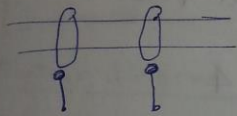


Two-pole synchronous motor

star و delta

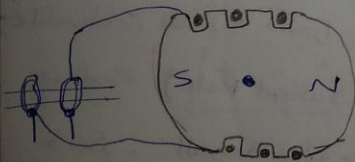
في بعض المحركات
 Stator \rightarrow Field
 Rotor \rightarrow Armature
 Dc-motor (3 cells)

rotor \rightarrow 1
 2 brushes - 2 slip rings
 Rotor \rightarrow Axe 1



و توصيلهم بـ dc

Non salient pole



5

For Δ
 $V_{ph} = I_{ph}$

$$I_{ph} = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

$$P = 3 V_{ph} I_{ph} \cos \theta$$

$$P = \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta$$

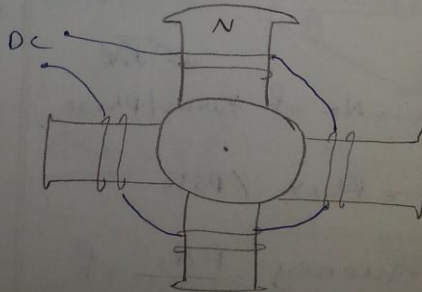
* Rotor

\rightarrow Salient Pole (بارزة)

\rightarrow Non salient Pole

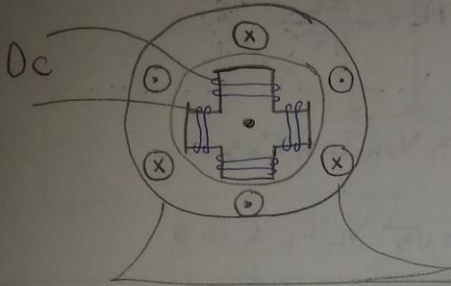
\rightarrow Rotor (المحرك الذي يعمل بالتيار المستمر)

\rightarrow Salient pole



المحرك الذي يعمل بالتيار المستمر
 Dc motor

فكرة العمل:



في تقود بلف إلى (rotor) بواسطة
(مستطاد) (تربينة) فيحدث تغير في فيج
الملفات فتولد صحت قوة دافعة
كهربية

$$E_a = 4.44 \frac{T_{ph}}{F} \phi F$$

$T_{ph} \rightarrow$ No. of turns/phase

$\phi \rightarrow$ Flux / Pole

$$\text{Frequency} = \frac{P N_s}{120} = f$$

٣

$$N_s = \frac{120 f}{P}$$

$$f = \frac{P N_s}{120}$$

f تعتمد على السرعة وعدد الأقطاب.

لو أردنا زيادة عدد الأقطاب (Poles)
سيكون أسهل في (salient pole)

In salient pole

$$P \geq 4$$

In Non salient pole

$$P \leq 4$$

المحطاج الغازية والحرارية تشغيل

بواسطة (Non salient pole)

وتكون السرعة عالية جدا

لعمومية زيادة عدد الأقطاب.

$$|E_a|/\delta$$

$\delta \rightarrow$ Power angle.

\rightarrow Load angle.

\rightarrow Torque angle

$\delta \rightarrow$ always +ve in generator.

$\delta \rightarrow$ -ve in Motor

\rightarrow Phasor diagram

$$P = 3 V_t I_a \cos \theta$$

$$I_a = \frac{P}{3 V_t \cos(\theta)}$$

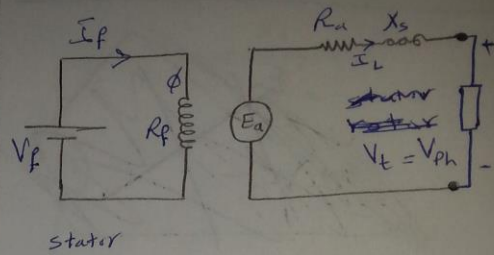
$$= 1 \quad 1/\pm \cos^{-1}(\text{P.F.})$$

$+$ \rightarrow Lead

$-$ \rightarrow lag.

$\boxed{\epsilon}$

Equivalent circuit :-



$R_a \rightarrow$ armature resistance/phase

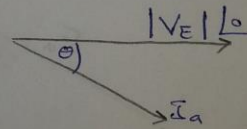
$X_s \rightarrow$ Synchronous Reactance/phase.

$$Z_s = R_a + jX_s$$

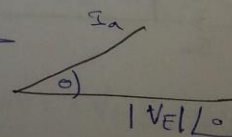
$$V_t = E_a - I_a(R_a + jX_s)$$

Loads

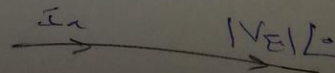
① Lag P.f



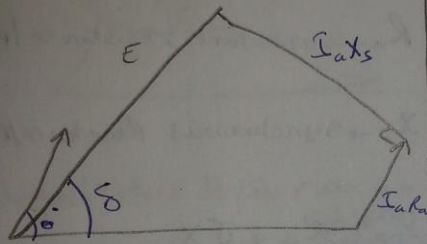
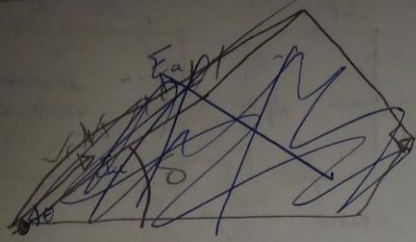
② Lead P.f



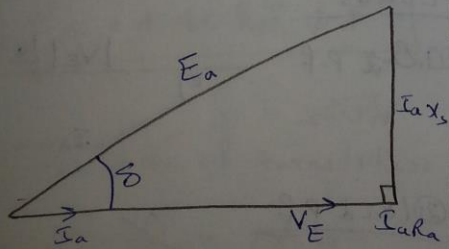
③ Unity P.f



Phasor diagram for lead P.F



3] Phasor Diagram For unity P.F

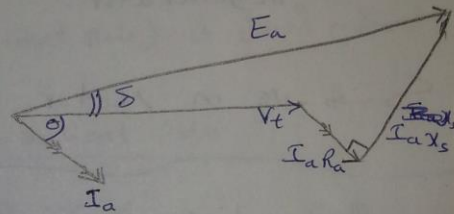


0

$$I_a = \frac{S}{3V_t}$$

$$s \parallel \angle \pm \cos^{-1}(P.F)$$

Phasor diagram for lag P.F



ع (in phase) $\sim S \sim I_a R_a$
ل

ل $\sim I_a X_s$

Phasor diagram

5

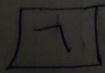
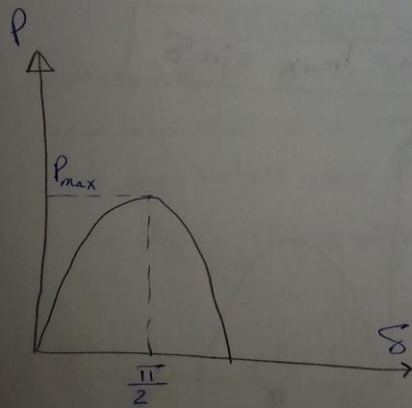
$$P = 3V_t I_a \cos \theta$$

$$= \frac{3V_t E_a}{X_s} \sin \delta$$

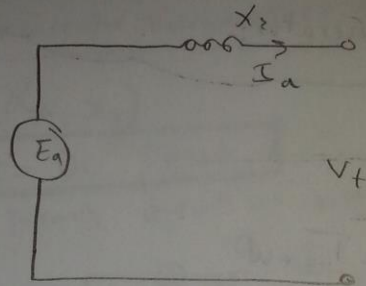
$$P_a = \frac{3E_a V_t}{X_s} \sin \delta$$

$$P_{max} = \frac{3E_a V_t}{X_s}$$

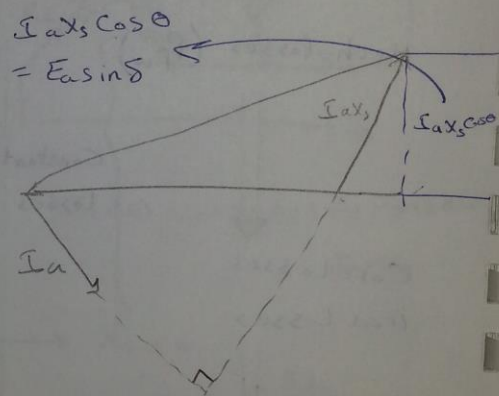
$$\text{at } \delta = 90$$



let $R_a = 0$



$$E_a = V_t + I_a X_s$$



$$I_a X_s \cos \theta = E_a \sin \delta$$

$$3V_t I_a X_s \cos \theta = 3V_t E_a \sin \delta$$

Power Flow of synchronous Generator:-

$$P_{in} = T_{in} \times \omega$$

Mech. Power

Mech. losses ($P_{f.w}$)

Core losses
iron losses

P_a

$$P_{cu} = 3 I_a^2 R_a$$

$$P_{out} = 3 V_t I_a \cos \theta$$

$$= \sqrt{3} V_L I_a \cos \theta$$

Constant
losses

~~3~~

معادلات توليد الطاقة

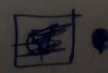
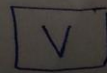
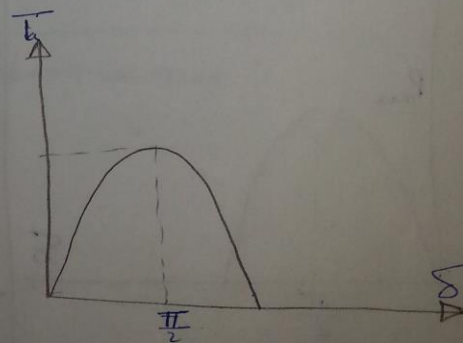
→ Synchronous Generator:-

$$T_a = \frac{P_a}{\omega}$$

$$= \frac{3 V_t E_a}{\omega X_s} \sin \delta$$

$$\omega = \frac{2 \pi N_s}{60}$$

$$T_a = T_{max} \sin \delta$$



$$R_t = \frac{V_{dc}}{I_{dc}}$$

$$R_t = (2 R_a)_{dc}$$

$$(R_a)_{dc} = \frac{R_t}{2}$$

$$= \frac{V_{dc}}{2 I_{dc}}$$

← لكن الجهاز شغال AC

$$(R_a)_{AC} = (1.15 \rightarrow 1.25) (R_a)_{dc}$$

SKIN EFFECT

التيار في حالة AC يمشي على السطح الخارجي لـ Cond. فيأخذ مساحة أكبر فتكون المقاومة صغيرة والعكس في حالة DC

$$\therefore (R_a)_{AC} = 1.2 * (R_a)_{dc}$$

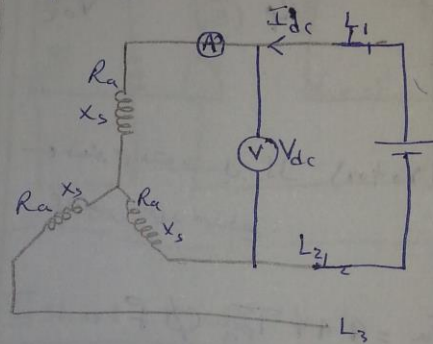


→ Measurement of Synchronous Generator Parameters:-

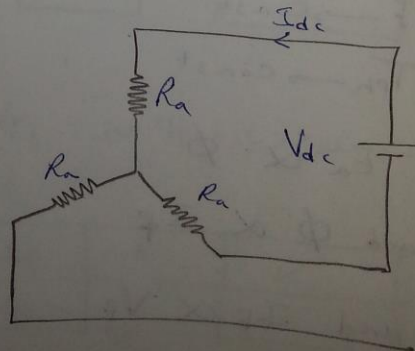
(R_a, X_s)

→ DC Test

← نفحص فيه التحويل (Star)

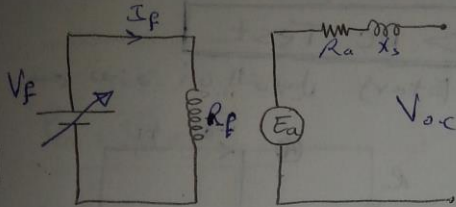


← نقوم بتحويل المحرك بالمثل $X_s = 0$



لحساب X_s نقوم باختبارين

2] open circuit test:-



نقوم بتوصيل ال (Motor) بمصدر جهد متغير.

$$E_a = 4.44 T_{ph} \phi f$$

عندما نقوم بتوفير الآلة

لبسرعة ثابتة ω في الحالة الساكنة.

$$f \rightarrow \text{Const}$$

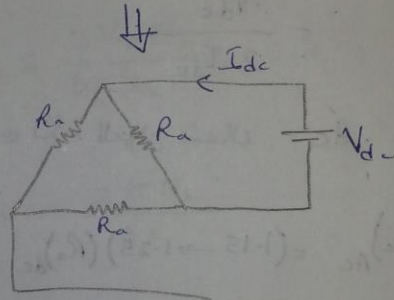
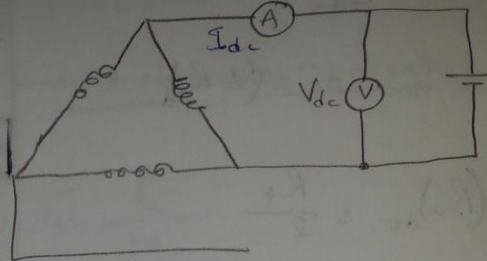
$$T_{ph} \rightarrow \text{Const}$$

$$\therefore E_a \propto \phi$$

$$\text{and } \phi \propto I_f$$

$$\text{and } I_f \propto V_f$$

لو كان التوصيل delta



$$R_t = \frac{V_{dc}}{I_{dc}} = \frac{3R_a \times R_a}{3R_c}$$

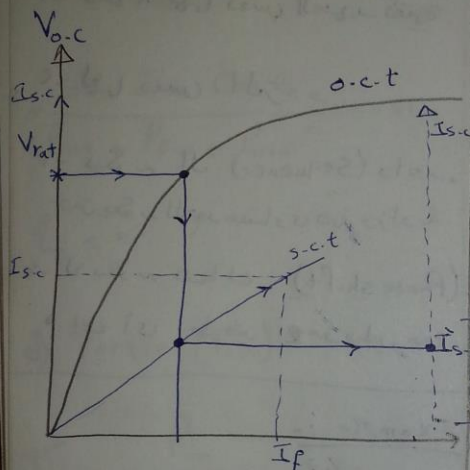
$$R_t = \left(\frac{2}{3} R_a \right)_{dc}$$

$$(R_a)_{dc} = \left(1.5 \times \frac{V_{dc}}{I_{dc}} \right)$$

$$(R_a)_{Ac} = 1.2 \times (R_a)_{dc}$$

9

$X_{leakage}$ and $X_{armature reaction}$ as X_s

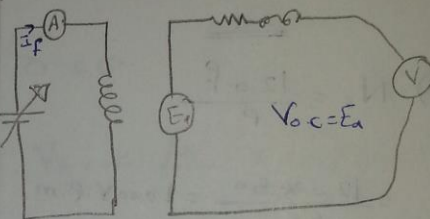


$$Z_s = \frac{V_{rat}}{I_{s.c}} = \sqrt{r}$$

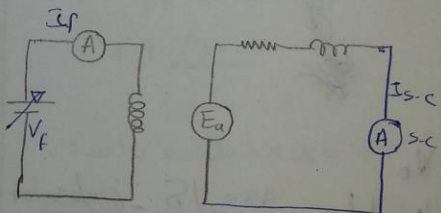
$$X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_a^2} = \sqrt{r}$$

1.

I_f	0	0.1		$I_{f_{rated}}$
$V_{o.c}$				



[B] short circuit test



V_{f-L} V_f V_f V_f

I_f	0	✓
$I_{s.c}$	0	✓

(line) $\sqrt{3}$ (Per phase)

Required

a) N_s b) $V_t \rightarrow \text{at Full load}$
 $\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$
 $0.8 \text{ lag} \quad 0.8 \text{ lead} \quad \text{u.p.f}$

⑤ η_{at}

Sol

a) $N_s = \frac{120 f}{P}$

$= \frac{120 \times 50}{60} = 1000 \text{ r.p.m}$

b)

$V_t = E_a - I_a * j X_s$



V_t

$|V_t| \angle 0^\circ = \frac{480}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ - 60 \angle -30.87^\circ$

$\times 1 \angle 90^\circ$

$P_a = \frac{3 V_t E_a}{X_s} \sin \delta$

$= 3 V_t I_a \cos \theta$

11

→ الشرط الواجب توافرها في تحويل هولين على التوالي :-

١- يكون لهما نفس الجهد كقيمة.

٢- لهما نفس التردد.

٣- يكون ال (Sequence) واحد.

حتى يكون الجهد متساوي قيمة وزاوية.

٤- لا يكون هناك (Phase shift).

• بين أي طرفين موصلين معاً.

Example :-

star

$480 \text{ V}, 50 \text{ Hz}, P=6, X_s=1 \Omega$

$I_{a \text{ PL}} = 60 \text{ A at } 0.8 \text{ lag P.f}$

$P_{f.w} = 1.5 \text{ kW}, P_{iron} = 1 \text{ K}$

$R_a = 0$ (neglected)

$\rightarrow P_{cu} = 0$

$V_{o.c} = 480 \text{ V} \Rightarrow E_{a \text{ Line}}$

$\therefore E_a = \frac{480}{\sqrt{3}} = \dots$

③ η at 0.8 lead p.f

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$$= \frac{3V_t I_a \cos \theta}{P_{out} + P_{f.w} + P_{iron}} \times 100$$

$R = 4 \%$

d) Torque (T_{in})

$$T_{in} = \frac{P_{in}}{\omega}$$

$$P_{in} = P_{out} + P_{iron} + P_{f.w} = v_c$$

$$\omega = \frac{2\pi N_s}{60}$$

$$T_{in} = 22 \text{ N.m}$$



40

$$\frac{480}{\sqrt{3}} \sin \delta = 60 \times 0.8$$

$$\checkmark = \checkmark$$

$$\therefore V_t = \frac{L_0}{v} \rightarrow at \text{ lag}$$

at lead

زاوية التيار متغير

$$|V_t| \angle 0 = \frac{480}{\sqrt{3}} \angle 5 - 60 \angle 30 - 87$$

← باقي الخصلات واحدة .

$$V_t = v_c$$

at unity P-F

$$\cos \phi \approx 1$$

$$\cos \theta = 1$$

$$\therefore \delta = \nu \nu$$

$$V_t L_o = \frac{480}{\sqrt{3}} \angle 8 - 60 \angle 0 + 1 \angle 90$$

$$V_t = v$$

51

e) Voltage regulation

at $\left\{ \begin{array}{l} 0.8 \text{ lag} \\ 0.8 \text{ lead} \\ \text{unity P.F.} \end{array} \right.$

$$V.R = \frac{V_{n.L} - V_{P.L}}{V_{P.L}}$$

$V_{o.c} \leftarrow$

$$V.R\% = \frac{E_a - V_t}{V_t}$$

\leftarrow نفوذ V_t السابق

$V.R$ ونحوه على قاع

Ch : 6

Note

لمزيد من المعلومات والشرح حول
آلات الباب السادس ، ستجدوها في
كتاب المادة .

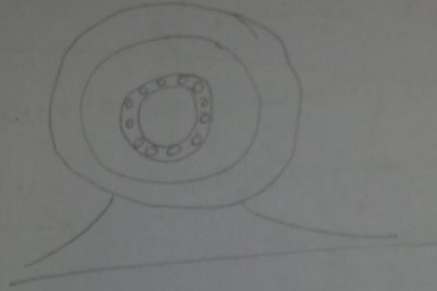
Lec 1

Ch: 6

Special Machines

*Single-phase Induction Motor

stator



rotor

من النوع squirrel cage

الاختلاف عن 3-phase induction motor (stator) \sim 1 \sim 3

بمبدأ single phase

فكرة العمل :-

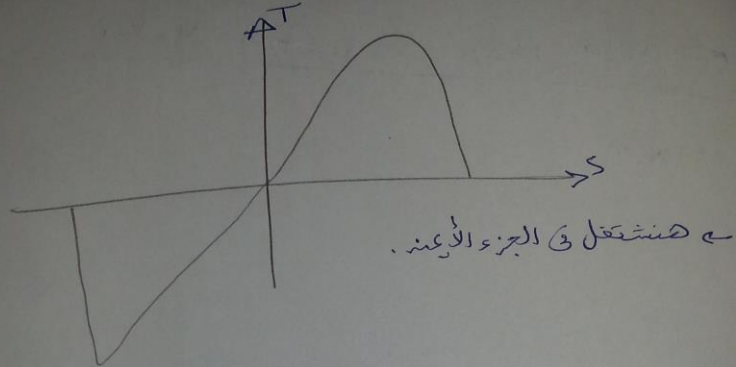
نقوم بتغذية الكتل \rightarrow AC (أقنول فيهم ولكن ليس

rotating emf. فلا تدور الآلة.

ليس (self starting).

1

← في محرك وسيلة بدء
 ← في وجود محو إلى ما يقرب من 0 أ. د. و سائل بدء



- 1

 Split Phase Motor
- 2

 Capacitor start Motor.
- 3

 Capacitor start Capacitor run motor
- 4

 Capacitor run motor.
- 5

 Shaded pole Motor

← جميع المحركات في المنزلة Single-phase induction Motor

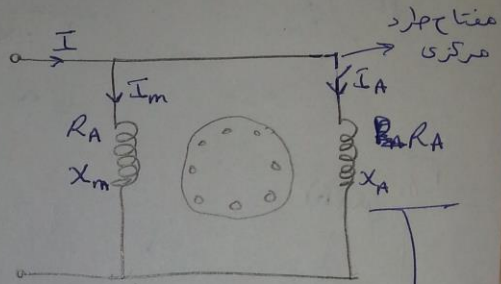
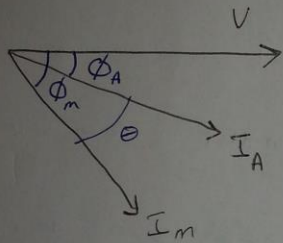
5

1 Split Phase Motor

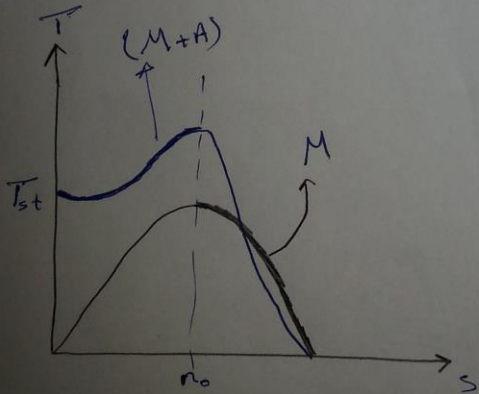
يتم تصميم ملفات الـ (Stator) التي ملفين أحدهما $\frac{1}{3}$ عدد المجاري،
والآخر يعتبر $\frac{2}{3}$ عدد المجاري.

← X, R غير متساويين.

← يستخدم في الغسالات العادية، صوتة عالي.



ملفات البعد. ($\frac{1}{3}$ عدد المجاري)
بالبدى كده (للمارش بتاع الموتور)



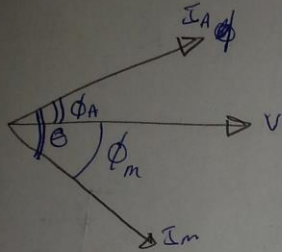
مشكلية
← صوتة عالي.

$$T \propto I_A I_m \sin \theta$$

3

2 Capacitor start

← دُفع مكثف مع ملفات البدء.
 ← دور المكثف - يجعل التيار I_A (lead) عنه الجهد.

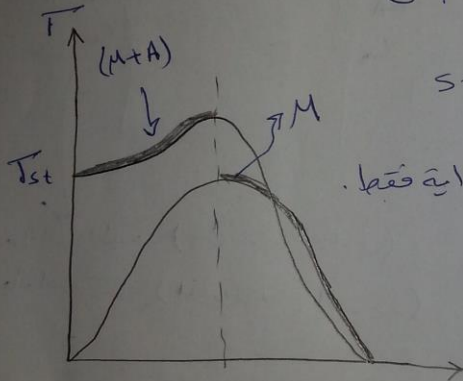


← يجعل للزراية (θ) أكبر فيزيد العزم.

← يهتد الموتور أظفل .

$$T \propto I_A I_m \sin \theta$$

$$\theta \uparrow \quad T \uparrow$$



← تزيد قيمة Starting torque

← يحسن موت الموتور عند البداية فقط.

Written by: Mohammed
Fathy

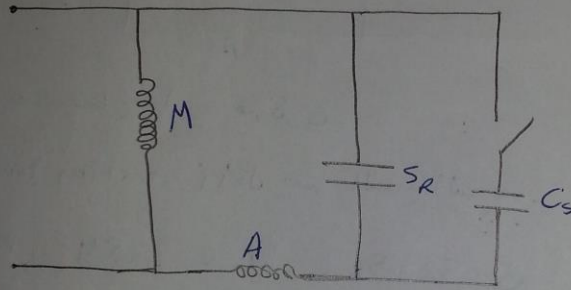
ε

3) Capacitor start Capacitor run

→ هلفين أحدهما موجود عند البداية والآخر عند العمل.

→ الميزة: صوت المحوور ناعم.

→ يستخدم في التلاجات - التكييفات

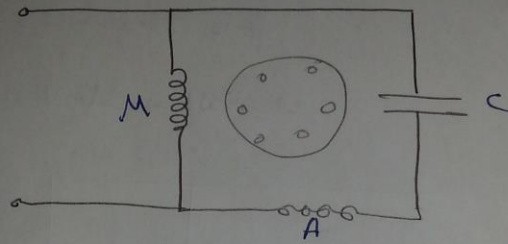


→ تقدم بزيادة لمد (Starting torque) بواسطة (2 Capacitors)

→ نقول أحدهما لأجل حث ال (Ripple)

4] Capacitor Run

← مكثف موجود بشكل دائم ولا يتم فصله .



← لا يوجد مفتاح ملرد مركزي .

← (starting torque) أقل من النوع السابق .

← إذا كان المكثف $C = C_s + C_R$ ~~فإن~~ $R_s + R_R$ ~~فإن~~

فيحتد الـ (ripple) بشكل أسهل .

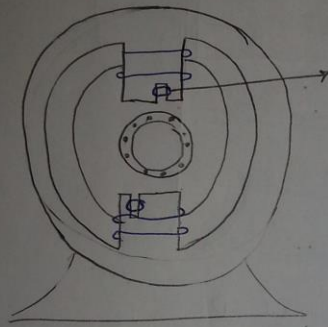
← هذا النوع أفضل لأنه لا يحتوي على مفتاح الملرد المركزي

الذي يكلف الدائرة ~~وهذا يتم حركته~~ لأنه يصنع حياطة من وقت لآخر .

[E] Shaded Pole Motor

القطب المظلل

في عند تمرير تيار ~~في~~ يولد فيهم فيقدم بفصل الحلقة الموجودة
فيها تيار . فيتولد عزم صغير جدا .



الحلقة

في القدرات صغيرة

p.f. ← قليل

المفاقيد ← كبيرة

مميزات

رخيص - سهل التركيب .

⇒ Single-Phase series Motor (universal Motor)

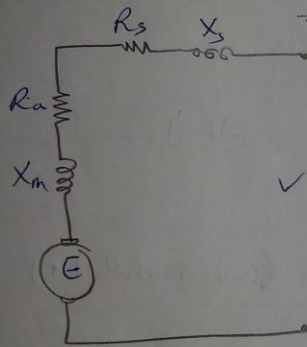
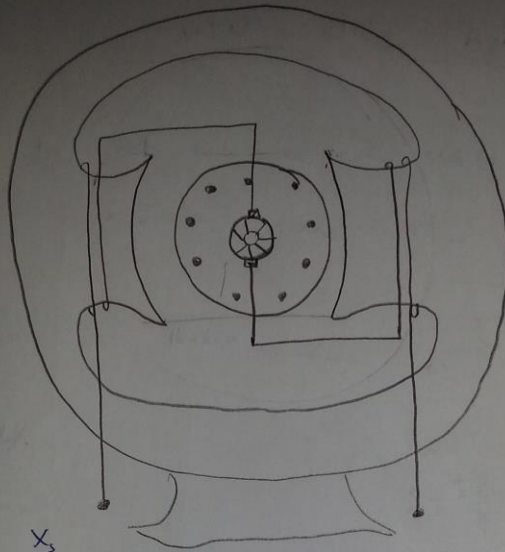
← ~~يستخدم~~ يستخدم في الخلاط .

في يمثل (DC series Motor) ولكن يعمل على (AC)

في يقوم بعمل (lamination) لتقليل (eddy current)

؛ ما في ال (dc) فلا يوجد (lamination)

V



at DC

$$N = \frac{V - I_a (R_a + R_s)}{K \phi}$$

at AC

$$N = \frac{V - I_a (Z_a + Z_s)}{K \phi}$$

$$\Downarrow$$

$$N_{oc} > N_{ac}$$

~~shape~~

~~always true~~

$\boxed{\wedge}$

Lec 2

Ch: 6

→ Servo motors

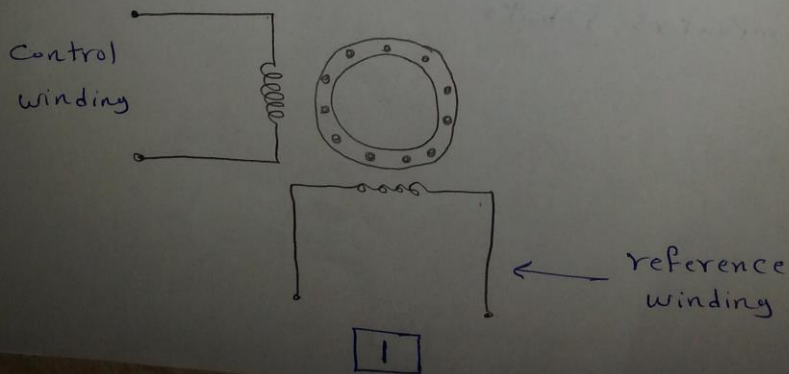
← ال Rotor ^{دوّر} حتى يكون الجهاز خفيف جداً.
فيكون ال response سريع جداً

← تستخدم في (feedback control system) لأنه ال (response) سريع جداً.

أنواعه

- [1] Ac servo motor.
- [2] Dc servo motor.
- [3] Special servo motor. (مشعلينا)

[1] AC servo motor



← ال (stator) عبارة عن ملفين بينهما زاوية 90°.

reference winding

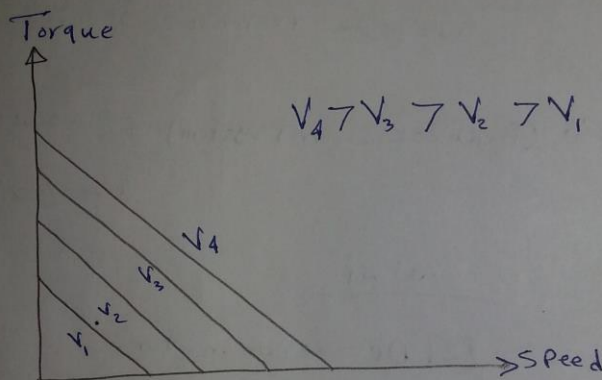
AC , $V = \text{const}$,

$$V = V_m \sin \omega t$$

Control winding

$$V = V_m \sin (\omega t \pm 90)$$

← يتغير من الجهد الذي هنا
- control



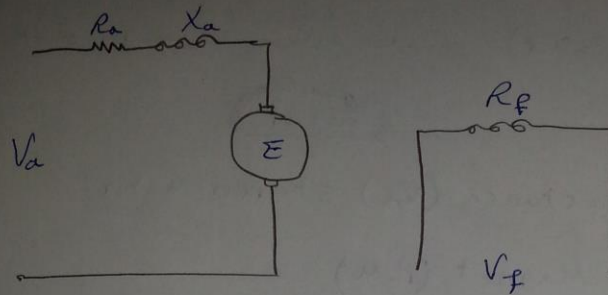
← (inertia of rotor) قليلة جداً فتكون العلاقة خطية.

استخدام

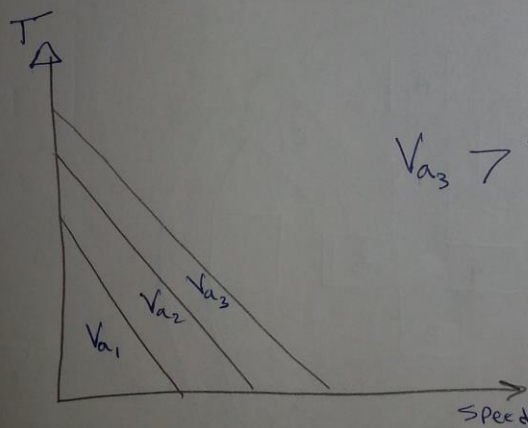
→ Computers, robots

التي

2] DC servo motor

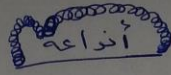


الموتور عبارة عن (dc) ومع ذلك توجد X_a لأننا
هنا نقوم بتشغيل الموتور على وضع الـ (transient)



stepper Motor

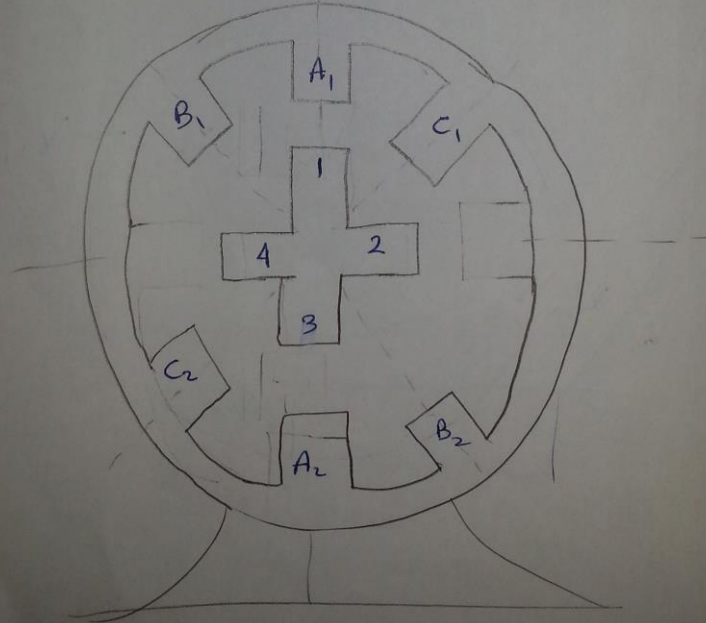
← موتور يتحرك بخطوة معينة (step) كلزمن معين.



- 1 Variable Reluctance (VR) stepper Motor.
- 2 Permanent Magnet (P.M) " "
- 3 Hybrid stepper motor.

← يتغذى (stepper Motor) بـ DC .

→ $\theta = 0$



ε

Phase A	B	C	θ
+	0	0	0
0	+	0	30
0	0	+	60
+	0	0	90

← شرح الجدول ده (في الكتاب)

and (one phase mode) بنغذي كل (Phase) (وصف).

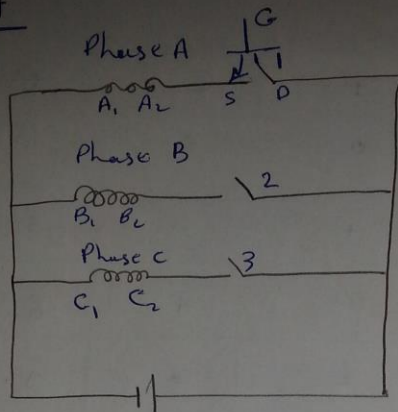
→ 2 Phase Mode.

A	B	C	θ
+	+	0	15

~~45~~

0

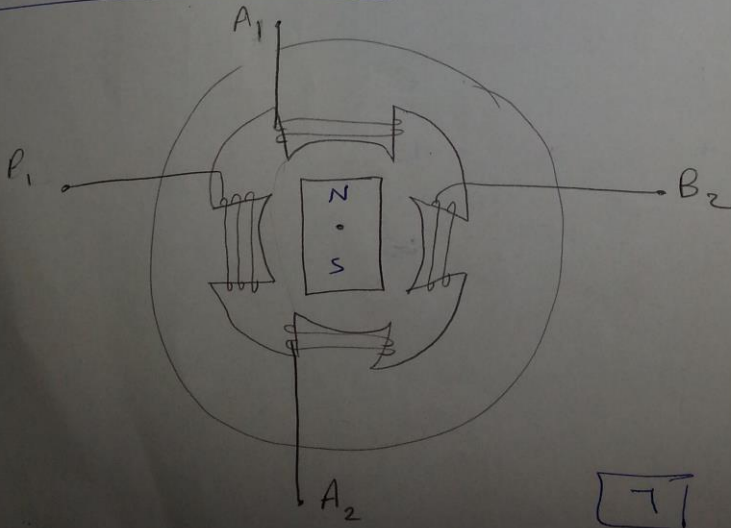
~~Permanent magnet~~



← المفتاح (1) غالباً \sim \Rightarrow (electronic switch) (لغير تقنية الجهد)

Transistor
MOSFET
BJT

2] Permanent magnet



7]

→ اتجاه الحث في (stator) يحدث N أو S في

ال rotor .

→ ال rotor مغناطيس دائم في هذا النوع.

→ لو حولنا A وحسنا بتغذية B فتكون

عند $N \leftarrow B_1$ ، $S \leftarrow B_2$

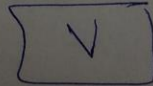
فمعناها أننا نغير كيف حثنا بتدوير ال rotor .

→ للزاوية تكون 90° دائماً ما عدا إذا حثنا بتدوير A_1 ، B_1 مثلاً
معاً أو حثنا بتدوير A_1 فقط.

→ Hybrid

→ ال rotor من النوع (Permanent Magnet) P.M

→ ال (stator) نقوم بتغذيته ~~من مصدر~~ من مصدر dc .



THE END

(Mohammed fathy)